

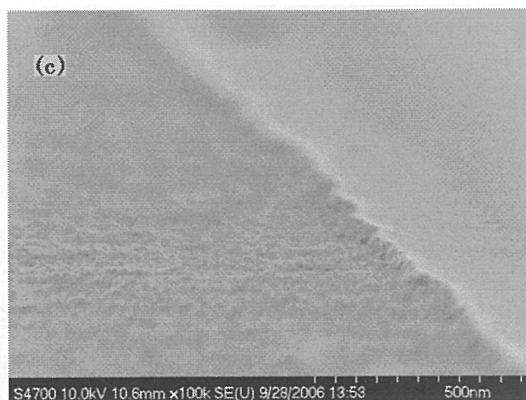


图 3.32 不同流量下 $\text{Si}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 刻蚀形貌图 (a)0%; (b)4%; (c)50%。

图 3.32 给出了不同 O_2 含量下, GST 刻蚀面的扫描电子显微镜图。当用纯的刻蚀时, 由于刻蚀速率比较慢, 刻蚀侧壁不是很明显; 加入少量 4% 的 O_2 时, 刻蚀速率增加, 刻蚀侧壁比较光滑且垂直度高; 当 O_2 继续增加以后, 刻蚀面变得粗糙, 侧壁也显得倾斜而粗糙。这是由于少量的氧气可以增加 F 离子的浓度的同时, 剩余的氧气与聚合物反应, 使得残留在刻蚀面的聚合物减少, 并且氧离子也起到物理轰击的作用, 进一步带走残留的聚合物, 使得刻蚀面比较光滑整洁。但是过量的 O_2 反而抑制了 F 离子的生成, 降低了刻蚀速率, 过量的物理轰击也使得刻蚀表面显得粗糙。

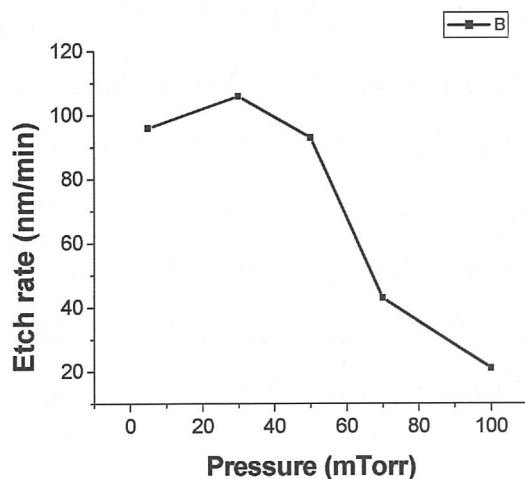


图 3.33 $\text{Si}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 刻蚀速率与气压的关系图

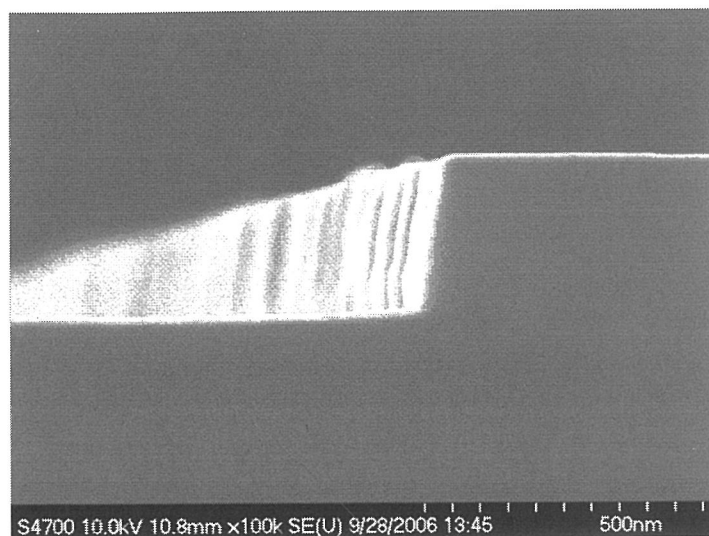
图 3.34 优化条件下 Si₂Sb₂Te₅ 刻蚀形貌图

图 3.33 说明了刻蚀速率随着气压的增加而呈减小的趋势，因为气压增加使得分子平均自由程减小，偏压减小，从而物理轰击的能量减小，降低刻蚀速度。刻蚀后 Si₂Sb₂Te₅ 的侧面垂直度如图 3.34 所示，垂直且光滑的侧壁满足器件单元的制备需求。

3.5 8 英寸平台 GST 的刻蚀工艺研究

在 8 英寸半导体工艺平台上调研 GST 的刻蚀，其主要目的是为了实现整个相变存储器单元在 8 英寸平台上的工艺集成，因此这次实验主要是从整个芯片的集成状况来考虑的，并不是仅仅为了研究 GST 的刻蚀工艺。本实验所用到的刻蚀仪器的型号是 Lam9600，如图 3.34 所示。它主要包括分子泵、两个主刻蚀腔体、两个去胶腔体、传输台、气体流量控制、两个射频电源以及 PLC 控制电路。气体流量的最大输出量是根据不同气体自身所决定。样品台是用石墨做成的，并连接一个功率可达 2000 W 的射频电源，腔体连接一个辅助电源。最小工作气压可达 1 mTorr，主要配置的气体有 Cl₂、CHF₃、Ar、N₂、O₂ 等。

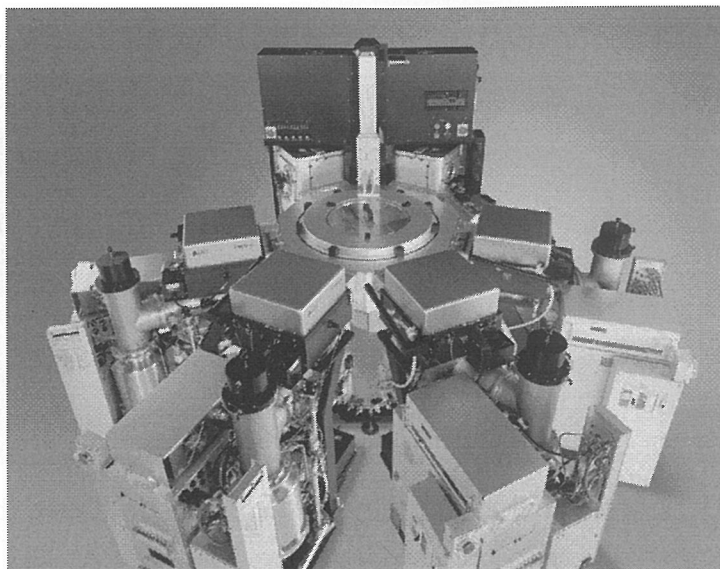
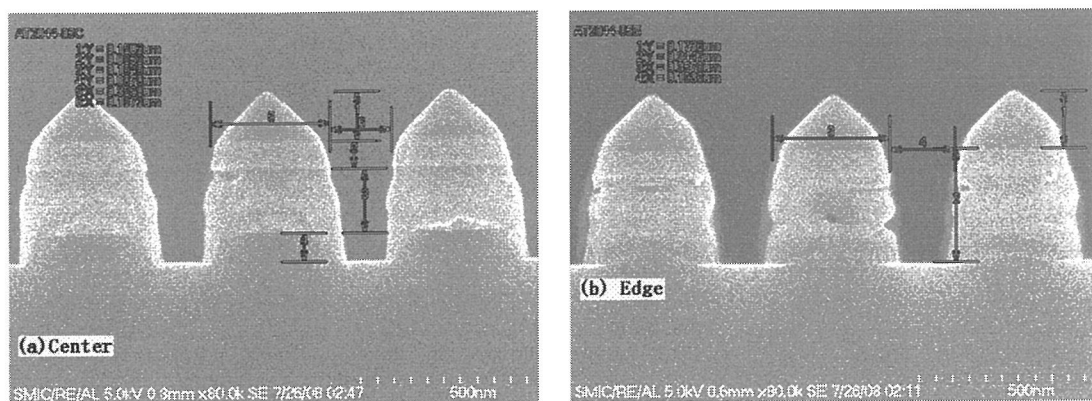
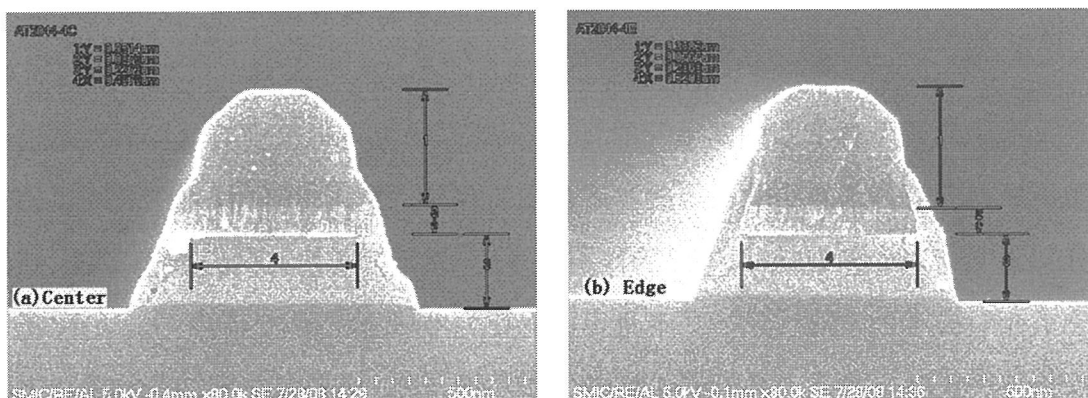
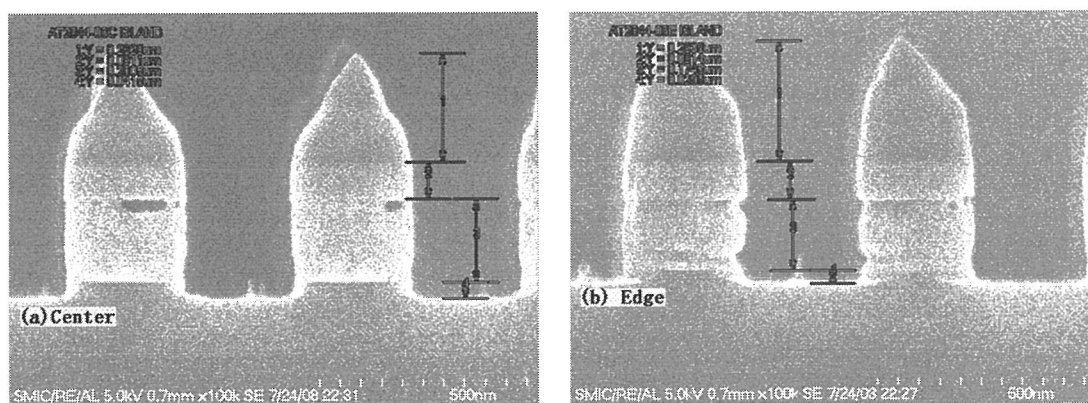


图 3.34 Lam9600 型号刻蚀机台示意图

考虑到整个相变存储器单元的集成, GST 由上下电极连接, 器件单元之间用绝缘材料隔离。本实验采用的衬底是在氧化片上利用 PVD 技术生长 GST/TiN 分别为 1500 nm 和 80 nm, TiN 的作用是避免 GST 与其他材料的直接接触, 也避免了在后续工艺中的污染, 其本身也可以作为电极埋层留在 GST 上。TiN 的刻蚀条件是使用工艺线上标准的 TiN 的刻蚀程序进行。根据前面刻蚀的经验以及文献报道的刻蚀方法, 我们选择以 Cl_2 为主要反应刻蚀气体的混合气体来研究 GST 的刻蚀条件。辅助刻蚀气体主要有 BCl_3 、 N_2 和 Ar, 其中 N_2 和 Ar 不参与化学反应, 只会通过物理轰击增强刻蚀效果, 而 BCl_3 产生聚合物比较重, 有利于保护侧壁。下面我们就开始摸索几种刻蚀气体组合对刻蚀的影响, 并最终确定 GST 的刻蚀条件。首先我们先比较几种成分混合气体刻蚀各自的特点, 图 3.35、3.36、3.37 分别为使用 Cl_2/BCl_3 、 Cl_2/N_2 、 Cl_2/Ar 组合气体来刻蚀 GST 的形貌图, 左边图是 8 英寸硅片中央的刻蚀情况, 右面图代表的是 8 英寸硅片边缘的刻蚀情况, 它们所各自对应的刻蚀条件如表 3.1 所示。

表 3.1 各种不同气体组合刻蚀 GST 的具体程序

TiN	2mT/700TCP/50BP/20 sccm Cl_2 /40 sccm Ar/5 sccm CHF_3 /20Sec
GST	图 32: 10mT/600TCP/100BP/20 sccm Cl_2 /60 sccm BCl_3 /5 sccm CHF_3 /50Sec
	图 33: 10mT/600TCP/100BP/20 sccm Cl_2 /8 sccm N_2 /60 sccm Ar/50Sec
	图 34: 10mT/600TCP/100BP/20 sccm Cl_2 /60Ar/5 sccm CHF_3 /50Sec

图 3.35 使用 Cl_2/BCl_3 组分刻蚀 GST 后形貌图 (a) Ceter, (b) Edge图 3.36 使用 Cl_2/N_2 组分刻蚀 GST 后形貌图 (a) Ceter, (b) Edge图 3.37 使用 Cl_2/Ar 组分刻蚀 GST 后形貌图 (a) Ceter, (b) Edge

使用 Cl_2/BCl_3 刻蚀 GST 后, 基本上 GST/TiN 已经刻蚀完毕, 下面的绝缘层也被刻蚀了一部分。但聚合物生成情况比较严重, GST 侧壁上都被覆盖上一层

很厚的聚合物,这给清洗带来了一定的困难。另外光刻胶刻蚀速率较快,由图中可见,仅仅还残留有一点光刻胶保护,这对以后调整 GST 厚度的窗口带来了限制。使用 Cl_2/N_2 刻蚀 GST 后,很明显 GST 的刻蚀速率变的很慢,在同等时间下,下面的绝缘层基本上没有损失,刚好刻蚀完 GST。同样侧壁上也被覆盖上一层聚合物, GST 的形貌比较倾斜,对以后小尺寸方向发展不利。使用 Cl_2/Ar 刻蚀 GST 后,聚合物产生较少,但是在各层过渡的时候出现侧向刻蚀的现象。综合上面三种不同气体组合的刻蚀结果来看,用 Cl_2/Ar 组合刻蚀比较容易调节。从图 3.37 来看,底部的侧向刻蚀比较严重,那是由于 Cl 的浓度较高,造成了在过刻蚀底部绝缘层的时候的反溅刻蚀。下面主要针对 Cl_2/CHF_3 组合来细化调节 GST 的刻蚀程序。^[9192]

由图 3.37 中的结果得到两个重要结论。首先,Cl 的含量较大,对刻蚀形貌底部的侧向刻蚀有很大影响。其次,聚合物产生量对刻蚀形貌有比较大的影响,聚合物重则会造成刻蚀形貌的倾斜,聚合物含量少的时候,造成侧向刻蚀的现象比较严重。 CHF_3 可以提供 H 离子和 F 离子, H 离子可以产生聚合物沉积在刻蚀面,影响刻蚀的速率和刻蚀的垂直度,而 F 离子则时提供反应刻蚀离子。所以 Cl_2 和 CHF_3 的比例对刻蚀形貌有直接的影响。图 3.38、3.39、3.40、3.41 分别显示了几种不同比例下 GST 刻蚀形貌图。当 Cl_2/CHF_3 比例为 1/3 时,聚合物沉积情况比较严重,刻蚀速率比较慢;当 Cl_2/CHF_3 比例为 1/1.5 时,刻蚀形貌比较好,侧壁比较垂直,聚合物的刻蚀与沉积在侧壁的情况基本上保持平衡, GST 没有明显的破坏现象;当 Cl_2/CHF_3 比例逐渐变大时,聚合物的沉积量越来越来少,侧向刻蚀的现象相对比较严重,图 3.41 可见,当 Cl_2/CHF_3 比例为 1/1, GST 顶部已经被刻蚀掉。综上所述,基本上当 Cl_2/CHF_3 的比例为 1/1.5 时, GST 刻蚀效果最佳。从中央和边缘的切片结果来看,刻蚀形貌差别不大,均匀性可以满足芯片制备要求。最终确定 GST 的刻蚀条件具体为

10mT/600TCP/100BP/8 sccm Cl_2 /40 sccm Ar/12 sccm CHF_3 /55Sec

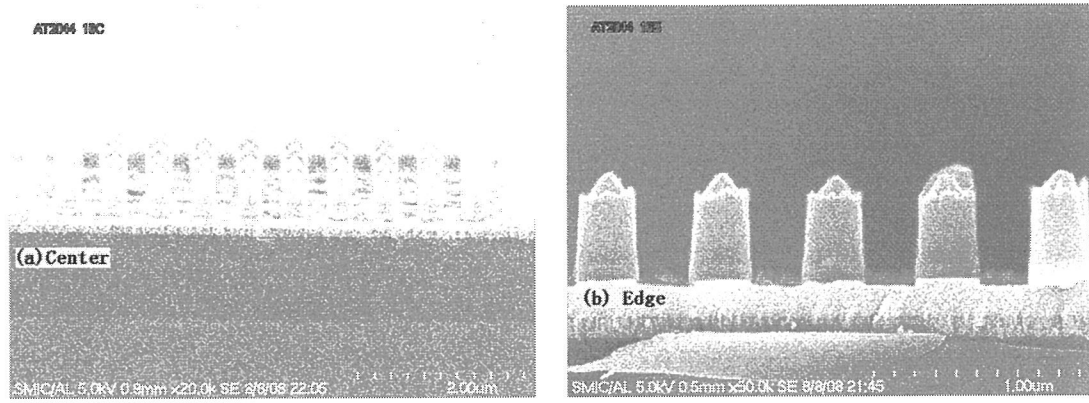


图 3.38 Cl_2/CHF_3 为 1/3 时的 GST 刻蚀形貌图 (a) Ceter, (b) Edge

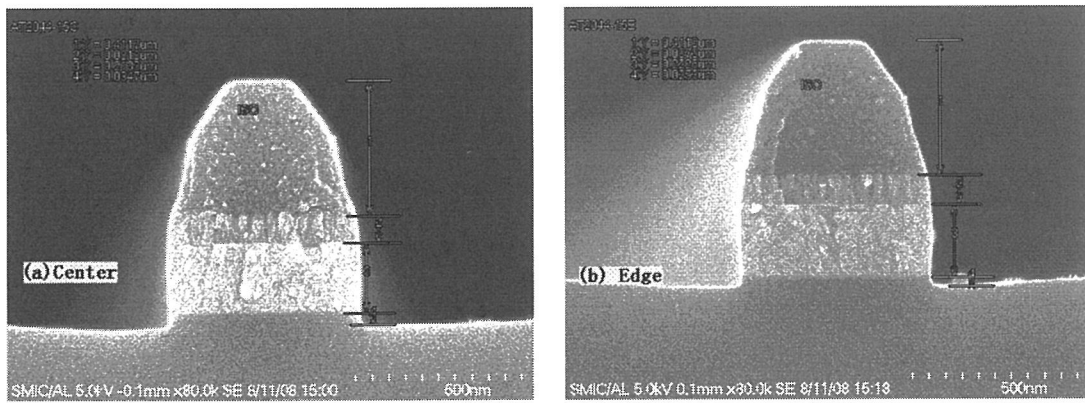


图 3.39 Cl_2/CHF_3 为 1/1.5 时的 GST 刻蚀形貌图 (a) Ceter, (b) Edge

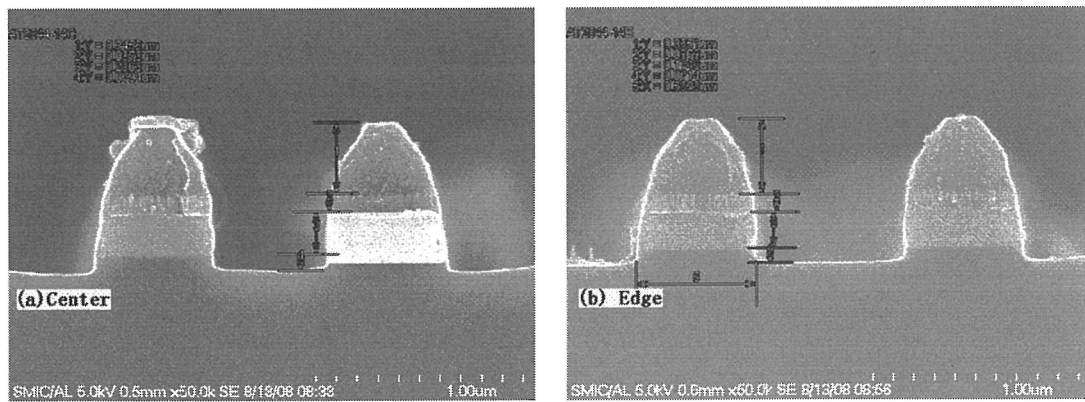
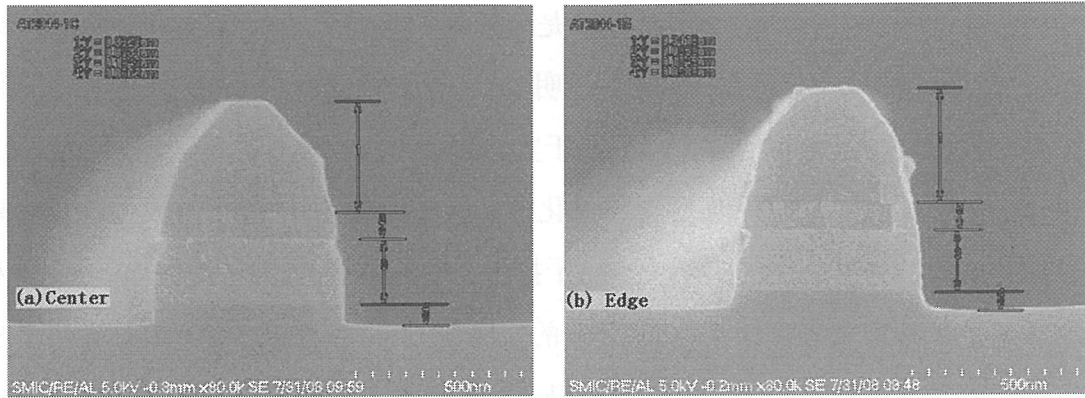


图 3.40 Cl_2/CHF_3 为 1/1.25 时的 GST 刻蚀形貌图 (a) Ceter, (b) Edge

图 3.41 Cl_2/CHF_3 为 1/1 时的 GST 刻蚀形貌图 (a) Ceter, (b) Edge

干法刻蚀不同于传统的湿法刻蚀,对被刻蚀薄膜层下面一层材料通常没有足够高的刻蚀选择比,等离子体刻蚀反应腔体必须装有一个终点监控设备以便确定刻蚀停止的时间。光发射分光仪法是一种最常见的方法,其通过分析气体放电过程中处于激发态的原子和分子的外层电子返回基态所发射的特征谱线的强度来确定终点。本实验中的信号检测是通过收集 Channel A 中的 Cl 元素的信号谱,如图 3.42 所示,在总时间为 70 秒左右的时候信号谱有个急剧的下降,然后又慢慢趋于平缓,对照 GST 刻蚀的 SEM 图,那个信号谱的突变点基本位于 GST 刚刚刻蚀完毕的时候。刻蚀的停止监控点在光谱峰值在 11000 的时候,当有连续三个点低于 90% 时候, GST 刻蚀停止,然后增加 20 sec 的过刻蚀时间将表面的残留 GST 去除干净。到目前为止, GST 的刻蚀步骤已经设计完毕。

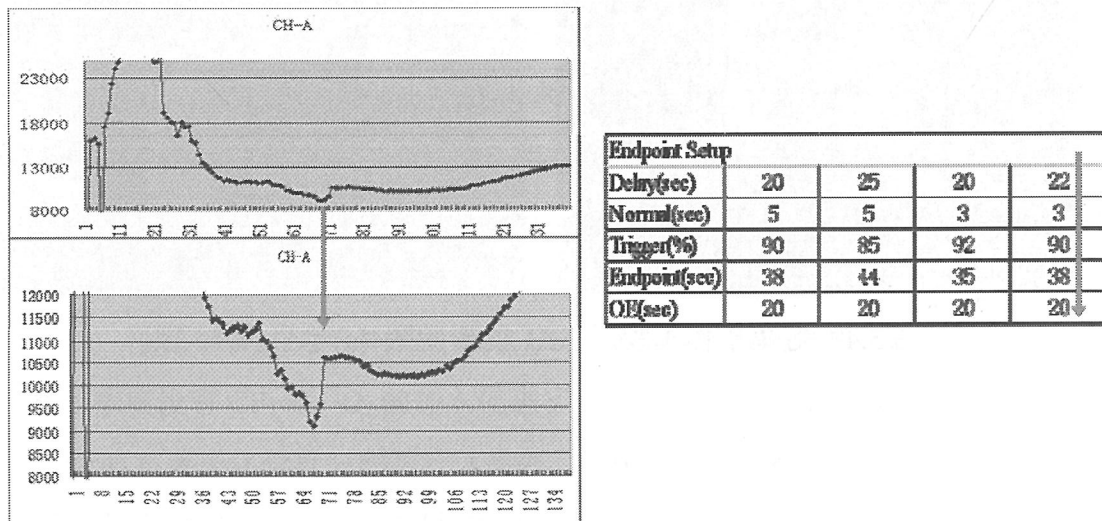


图 3.42 反应腔中 ChA 的信号图

GST 刻蚀工艺后面一道工艺步骤是去胶。去胶的方法很多，常用的是等离子体去胶法和湿法腐蚀法。图 3.43 表明了等离子体去胶后 GST 的形貌图，从图中可见，光刻胶仍然有一些残留。由于实验过程中有 250°C 的高温，相当于做了一道退火的步骤，GST 已经完全结晶化。结晶化后的 GST 颗粒比较大，在等离子体处理时，难以避免的对侧壁造成了损伤，最终使得侧壁比较粗糙。所以，利用等离子体刻蚀去胶方法不适合 GST 的去胶工艺。湿法腐蚀去胶法主要是通过氧化的方法使得光刻胶中的碳氢键断开，生成易溶物，再用去离子水冲洗干净。但是由于这些传统的酸溶液需要加热才能达到强氧化剂的作用，而加温会使得 GST 结晶化，进而破坏 GST 的形貌，甚至造成成分漂移。所以我们选择 HF 作为腐蚀液去清洗光刻胶。首先使用 1: 100 的稀释 HF 溶液浸泡 3 分钟，结果仍然有残留，光刻胶分解速度太慢。然后增加 HF 的浓度到 1: 50，浸泡 3 分钟后，光刻胶基本上被清洗干净，如图 3.44 所示，我们得到了尺寸为 300 nm 左右的 GST 图形。但是 HF 对氧化层腐蚀现象很明显，因此需要控制好 HF 的浓度和腐蚀时间，否则很容易造成 GST 底部的侧向腐蚀。当器件尺寸进入 45 nm 技术后，这个底部空隙将对器件的可靠性产生影响，应为 GST 在非晶向多晶转变过程中存在 6% 的薄膜收缩。

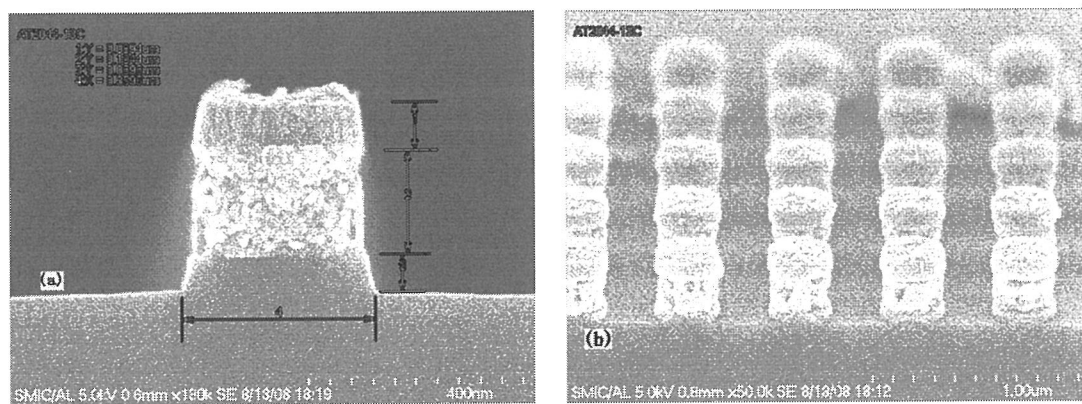


图 3.43 等离子体去胶后 GST 的形貌图 (a)单个,(b)阵列

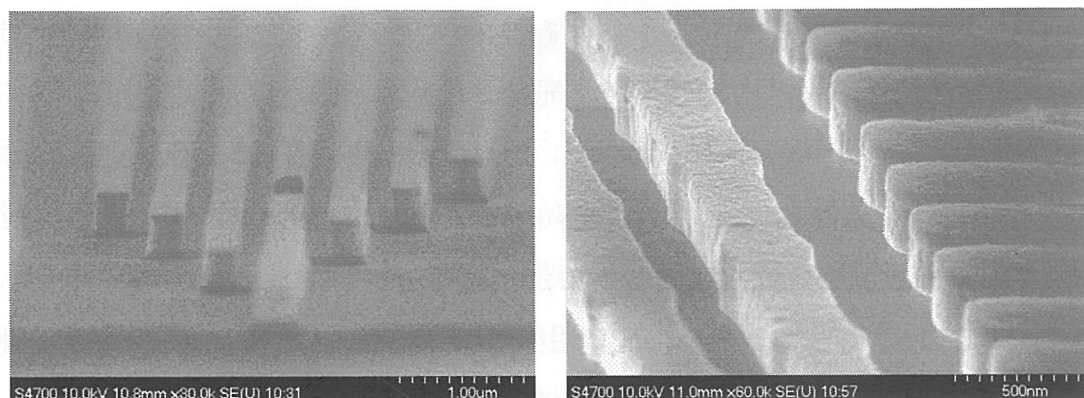


图 3.44 HF 去胶后的 GST 形貌图

综上所述, 8 英寸平台 GST 刻蚀工艺和清洗工艺已经基本走通, 尺寸为 300 nm 左右的 GST 图形制备完好。GST 的刻蚀工艺可以避免 GST 抛光工艺过程出现的脱落、残留、污染、清洗等难点, 有利于相变存储器芯片的系统集成。

3.6 小结

本章主要针对 GeSbTe 系列材料的刻蚀工艺进行了探索性研究, 特别是对 GST 的刻蚀工艺进行了系统的研究, 主要结论有:

(1) 利用 $\text{CF}_4 + \text{Ar}$ 气体组分刻蚀 GST: CF_4 为主要起到化学反应作用, 而生成的 GST 氟化物挥发性不好, Ar 的作用是物理轰击作用, 帮助去除 GST 刻蚀产生的非挥发性反应物。当 CF_4/Ar 比例达到 1/4 的时候, GST 刻蚀表面平整, 侧壁垂直光滑。另外, 刻蚀气压对 GST 刻蚀效果有一定的影响, 其原因是刻蚀气压影响离子的平均自由程, 造成离子轰击 GST 表面的能量降低, 影响刻蚀速率以及刻蚀形貌。刻蚀时施加的功率影响等离子体的浓度以及能量, 从而影响刻蚀速率。

(2) 利用 $\text{CHF}_3 + \text{O}_2$ 气体组分刻蚀 GST: CHF_3 主要起到化学反应的作用, 而 F 离子浓度没有 CF_4 高, O_2 的加入促进了 F 离子的生成, 并且起到物理轰击的作用, 帮助 F 离子化学反应的进行。另外, CHF_3 中的 H 离子可以起到一定的钝化作用, 使得侧壁光滑垂直, 刻蚀的表面也很平整。

(3) 利用电子束曝光技术对 GST 纳米尺度的刻蚀做了研究: 由于 GST 和绝缘材料的黏附性不好, 为了避免 GST 的损伤, 我们选择 TiN 作为刻蚀 GST 的硬

掩膜。选择 TiN 的原因还在于其可以作为电极埋层残留在 GST 上, 而且 TiN 和 GST 的刻蚀选择比可以达到 10 以上, 完全胜任 GST 刻蚀时的阻挡作用。利用电子束曝光技术制备 100 nm 左右的图形, 先刻蚀 TiN 停止在 GST 层上, 然后利用 TiN 作为硬掩膜刻蚀 GST。最终我们成功制备了尺寸为 150 nm 的 GST 纳米阵列。

(4) 研究了其他相变材料的刻蚀工艺, 如 $\text{Ge}_1\text{Sb}_2\text{Te}_4$ 、 Sb_2Te_3 、 $\text{Si}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 等。发现 SF_6 的化学腐蚀性太强, 不适合用于 GST 的刻蚀。这些材料的刻蚀结果和 GST 的刻蚀效果大致相同, CHF_3 的刻蚀效果最佳。

(5) 为了配合相变存储器的工艺集成, 本论文还研究了 8 英寸平台下 GST 刻蚀工艺和清洗工艺: 针对几种气体的混合, 通过比较刻蚀形貌, 选择 Cl_2 、Ar、 CHF_3 的气体组合来研究 GST 刻蚀工艺。通过调节 Cl_2/CHF_3 的比例来调节 GST 刻蚀侧壁以及表面的粗糙度, 并且确定 Cl_2/CHF_3 的比例为 1/1.5 时 GST 刻蚀效果最佳。因为 Cl_2 主要起到化学反应的作用, 它的含量直接影响刻蚀速率, 而 CHF_3 中还有 H 具有一定的钝化作用, 可以保护好侧壁, 保证侧壁的垂直程度, Ar 的物理轰击作用可以增强化学反应效果。比较了等离子体去胶和湿法去胶的实验情况, 等离子体灰化时的温度过高, 造成 GST 结晶化, 并且 GST 侧壁损伤严重, 而 HF 去胶的效果很好, 对 GST 形貌没有造成明显的损伤。

GST 刻蚀工艺的研究对实现相变存储器的高密度集成有着很重要的意义。目前国际上也有几家设备公司在研究 GST 的刻蚀工艺, 主要反应气体以 Cl_2 、 CHF_3 为主。因为 GST 对工艺线的污染情况到目前为止还没有明确的评估, 而 intel 公司只是利用一个单独的实验工艺展开研究。实验的难点在于刻蚀后 GST 形貌的垂直度, 侧壁不受损伤以及清洗工艺, 因为 GST 材料的性质比较软, 并且与绝缘层的黏附性比较差。GST 刻蚀后清洗工艺到目前还没有大公司的报道文献。

第四章 相变存储器单元器件的集成工艺研究

4.1 引言

由于 PCRAM 技术具备许多竞争性的优势,目前已有许多国际大厂陆续投入此领域的研究,且研究成果也证明 PCRAM 技术的可行性。2002 年,Intel 和 Ovonyx 合作使用 0.18 μm 工艺线研发出 4 Mb 的芯片,它是由三极管驱动的,存储单元的面积比例达到 7.7 F^2 。2004 年,STMicroelectronics 也利用 0.18 μm 工艺线研发出 8 Mb 的芯片。而 Samsung 于 2008 年公布了 512 Mb 的样片,其是由更先进的 90 nm 工艺线研发,二极管作为驱动,存储单元的密度更高。

由于中科院上海微系统与信息技术研究所这几年来对于 PCRAM 的投入,也促成了产学研各界对此技术的兴趣,目前已有多家国内半导体公司愿投入此技术的研发合作。本章的 PCRAM 后段工艺的集成就是在 8 英寸工艺线上研发进行的,希望为中国在未来 PCRAM 市场占一席之地。

4.2 基于 4 英寸平台相变存储器单元器件的集成工艺研究

4.2.1 剥离工艺集成及优化

本实验所采取的器件如图 4.1 所示,底电极结构是第二章中的直径为 260 nm 柱状电极结构。这种结构将 GST 分割成一块块的器件单元,包含在绝缘层之间,并覆盖上 TiN,增加了 GST 的黏附性。将上下电极错位的目的是降低 GST 操作的热耗散,用 Al 作为金属互连线的目的是降低线路上的功率。下电极的引出是通过 W plug 直接与 Al 相连接,这样就形成了一个相变存储单元。

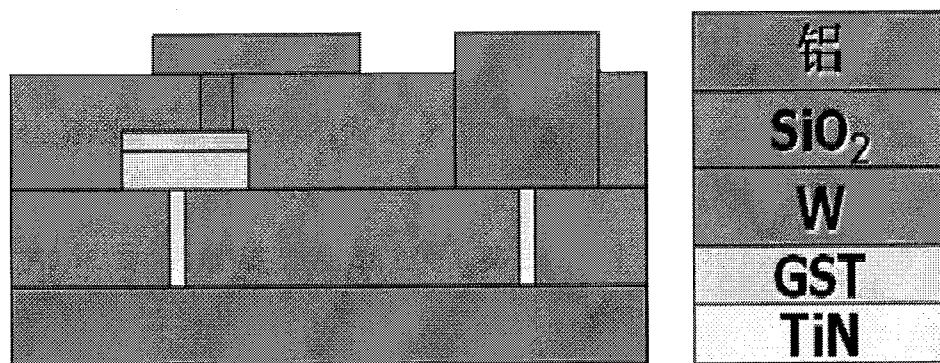


图 4.1 剥离工艺的器件结构图

实现上述结构需要三道光刻版，分别是：GST 版、SiO₂ 版、Al 版。GST 版和 SiO₂ 版都是阴版，GST 尺寸是 40×40 μm²，SiO₂ 的尺寸是 15×15 μm²。而 Al 是阳版，最小的线宽为 20 μm。其具体的工艺步骤如下：

1. GST 图形的制备：

- (1) 把底电极芯片自行切片形成最小重复单元；
- (2) 丙酮弱超声清洗 3~5 min，去离子水清洗 5 遍，并用 N₂ 吹干；
- (3) 酒精弱超声清洗 3~5 min，去离子水清洗 5 遍，并用 N₂ 吹干；
- (4) 用烘箱 120℃ 烘干，约 10 min；

清洗工艺是为了出去芯片上的灰尘、颗粒、以及一些无机杂质，保证底电极的清洁干燥，防止颗粒污染而引起器件单元的失效。

- (5) 涂胶(6809)，参数：4000 r/min，30 sec；热板 100 °C，前烘 3 min；
- (6) 曝光(保证掩模板干净)，具体条件以实际情况而定；

光刻工艺是超大集成电路的主要工艺之一。光刻工艺水平的高低、光刻质量的好坏，直接影响集成电路的成品率。光刻技术就是为了重现电路设计者的电路图。S6809 是一种正性光致抗蚀剂，经光照后能发生交联、分解成可溶于丙酮的可溶性物质。旋涂的作用是为了形成均匀厚度的光刻胶，光刻胶的厚度与转速平方成反比。转速很高时，光刻胶中的有机溶剂和空气中的水分就会逐渐凝聚，形成小颗粒析出，小颗粒附着于硅片上易形成微小的水滴，从而造成针孔甚至刻蚀时浮胶。本实验中的光刻胶涂布时的转速是 4000 r/min，时间为 30 sec，测得膜厚为 0.7 μm。前烘的目的是将涂布后的光刻胶中的溶剂蒸发掉，得到坚硬的薄膜，这样在曝光时就不容易“粘版”，并且便于承受在接触曝光过场中与掩膜的摩擦和

增加显影抗蚀能力,同时只有干燥的光刻胶,在曝光时才能充分进行光化学反应。前烘的温度和时间都要掌握好。如温度过高,可能发生感光性树脂的塑性流动而使图像变形;引起感光性树脂的热交换,致使显影时留下底膜;造成增感剂升华挥发而使灵敏度下降;还会导致光刻胶翘曲硬化甚至发黑,从而失去抗蚀能力。如前烘温度过低或者时间过短,则光刻胶中的有机溶剂不能全部蒸发,残余的溶剂分子就会妨碍光交联反应,造成显影和腐蚀后胶膜减薄而增加针孔密度;或者脱胶,使图形变形。本实验前烘的温度是 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 时间为 3 min 。

曝光是指对已涂光刻胶的芯片进行选择曝光,使曝光的部分发生光化学反应,从而改变曝光部分在显影液中的溶解度。光能使光刻胶中分子中的双键打开形成自由基,而这些自由基能互相结合成为稳定的分子,进而改变光刻胶的特性。本实验用到的光刻机型号是 Karluss MA6, 其最小曝光线宽是 $1.5\text{ }\mu\text{m}$, 套准精度是 $3\text{ }\mu\text{m}$ 。

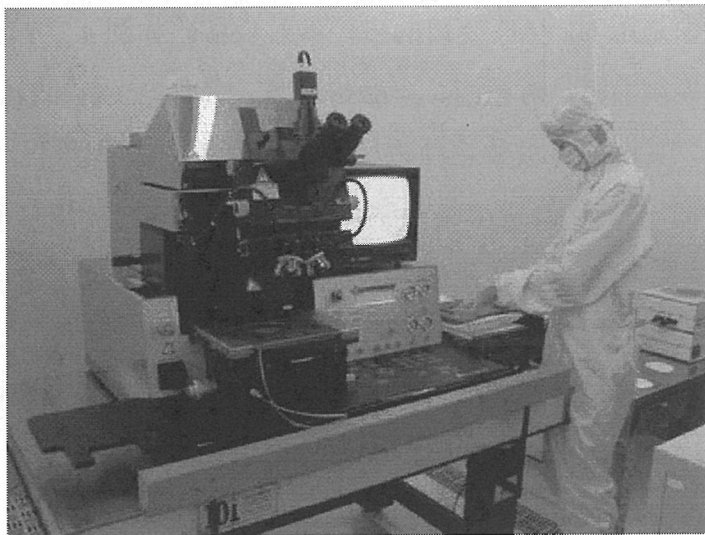


图 4.2 Karluss MA6 光刻机

(7)浸泡氯苯 5 min ;

(8)显影 $5\text{--}7\text{ sec}$, 显微镜观察显影后图形是否完好;

显影就是把曝光后的芯片,用显影液除去感光部分的光刻胶。显影时间随着光刻胶的种类,胶膜厚度以及显影温度的不同而有差异。显影时间过长,常常会使光刻胶产生软化膨胀,显影液从衬底表面向图形边缘渗透而发生钻溶,使图形边缘变坏,有时会出现浮胶现象。若显影时间过短,则造成显影不足,容易在未

感光面积留下一层不易观察出来的光刻胶,引起刻蚀不彻底,在未感光区域图形可能会有残留,这就很难去掉。本实验是用的剥离工艺,浸泡氯苯的目的是为了显影后图像的边缘更陡峭。

(9)打底膜(以防止去胶时有残留胶);

打底膜的目的是为了防止显影后仍然存有光刻胶的残余。将显影完的芯片放入石英架上,然后抽真空通氧气,低压氧气在高频电磁场作用下,辉光区中的氧电离成 O^+ 、 O^- 、 O_2^+ 、 O_2^- 、原子氧 O 、臭氧 O_3 和电子等混合的等离子体,其中占10~20%的原子氧具有很高的能量。在与光刻胶碰撞时,光刻胶中的碳—氢键、碳—碳键发生断裂,又由于高频电场能使高分子化合物共价键极化,故更容易被高能离子打开和氧原子发生氧化反应生成一氧化碳、二氧化碳、水和其他挥发性氧化物,以气体形式被抽走,即达到去胶的目的。一般去胶时,在石英架上呈现淡紫色或蓝色的辉光。

(10)GST/TiN 薄膜的沉积;

薄膜的沉积是用 ULVAC 公司的磁控溅射设备,如图 4.3 所示。它的主要构成部分有手动控制面板、射频源、样品传输腔、溅射腔、机械泵、冷凝泵及冷却水循环系统等。其内部可以装三种靶材,腔体的最高真空度可达 1×10^{-4} Pa。在传统的 DC 和 RF 溅射中,大多数电子在非离化碰撞中损失能量或被阳极收集,因而由电子碰撞产生的离化率比较低。而磁控溅射设备中,通常放置一个矩形磁铁在靶的后面,把一个磁场成直角加于电场上。这能把电子限制在靶的表面附近,使它们螺旋运动直至与 Ar 碰撞,等离子体基本都集中在靶的附近,而到样品表面损失的离子就少,使得离化和溅射效率大大增加。由于较少的 Ar 结合进薄膜中,可以得到较好的薄膜质量。在室温下, GST 溅射时的真空为 1×10^{-4} Pa,功率为 200 W,溅射时间为 10 min,薄膜厚度约为 150 nm。TiN 的溅射是在 N_2 氛围中轰击 Ti 靶得到的,溅射功率为 400 W,溅射时间为 10 min,薄膜厚度约为 20 nm。

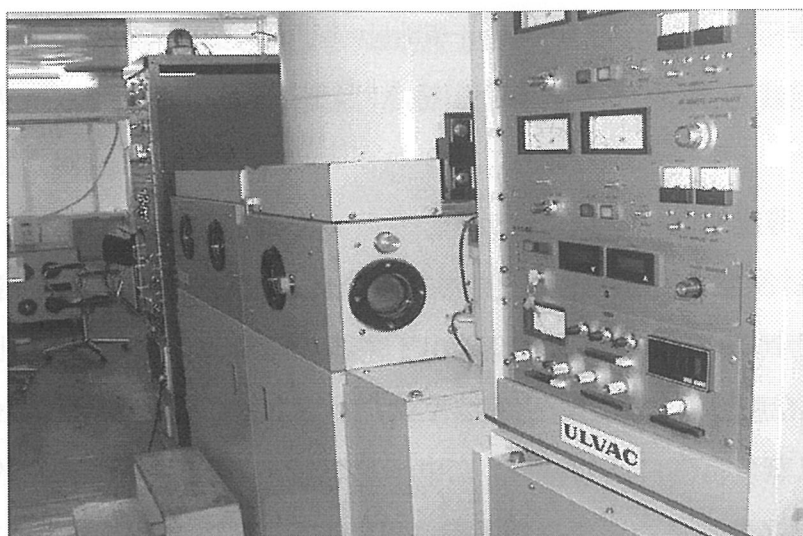


图 4.3 高真空磁控溅射设备

(11) 泡丙酮剥离 GST/TiN, 弱超声约 1 min;

(12) 重复(2)(3)(4)步骤清洗烘干芯片。

利用光刻胶溶解于丙酮的特性, 将沉积在光刻胶上面的薄膜去除, 只剩下经过曝光的区域。超声的作用是使薄膜脱落更彻底, 由于 GST 与绝缘材料的黏附性不好, 所以超声强度不能太大, 否则会造成 GST 薄膜的脱落, 导致器件的短路失效。在做剥离的实验时, 值得注意的是薄膜的厚度最好不要超过光刻胶厚度的 $\frac{1}{3}$, 因为厚度过厚时, 由于台阶覆盖的特点, 边缘就难以脱落, 造成图像边缘的变形, 甚至会使薄膜起翘。将芯片清洗干净就得到了 GST/TiN 的图形。

2. SiO₂ 图形的制备

SiO₂ 图形的制备过程基本和 GST 的制备过程一样, 只是所用到的版图不一样而已。

(1) 清洗并烘干前面已经准备好的样品;

(2) 涂胶(6809), 参数: 4000 r/min, 30 sec; 热板 100 °C, 前烘 3 min;

(3) 浸泡氯苯 5min; 显影一般大约 5~7s;

(4) 打底膜(以防止去胶时有残留胶)

(5) 300 nm 厚 SiO₂ 薄膜的沉积;

(6) 泡丙酮剥离 SiO₂, 弱超声约 1 min;

(7) 清洗并烘干芯片。

3. 上电极 Al 的制备