

富氧氮氧化硅薄膜退火的研究*

但亚平 岳瑞峰 王 燕 姚永昭 徐 杨 刘理天

(清华大学微电子学研究所, 北京 100084)

摘要: 利用红外吸收(IR) 谱和 X 射线光电子谱(XPS) 对富氧氮氧化硅(oxygen-rich SiO_xN_y) 及其在 600、750 和 900℃下退火后样品的微结构进行了研究。实验中除观察到 N、H 的释放外, 首次发现退火会导致 SiO_xN_y 中 O 的释放, 同时还发现退火温度不同, H、O、N 元素的释放量以及微结构的变化都不相同, 根据这些现象, 提出了 5 个化学反应过程并予以解释。

关键词: 氮氧化硅薄膜; 红外吸收谱; XPS; PECVD

PACC: 8115H; 7830; 8140; 7960

中图分类号: TN 304. 2 文献标识码: A 文章编号: 0253-4177(2002) 04-0388-06

释放程度不同。

1 引言

用等离子体增强化学气相沉积(PECVD) 制备的氮氧化硅(SiO_xN_y) 薄膜, 由于其带隙宽度、折射率、应力均可调^[1], 近年来, 作为一种重要的微光机电系统(MOEMS) 材料^[2], 已经引起了广泛关注。

虽然人们已经对 SiO_xN_y 微结构进行了大量的研究, 但是这些研究对键结构, 尤其是对 Si₂N—O 键和 SiN=O₂ 键并未取得一致的结论。一方面对于 SiO_xN_y 薄膜中是否存在 Si₂N—O 键和 SiN=O₂ 键尚有争论, Yao 等^[3]在 XPS 实验中没有观察到任何与 Si₂N—O 键相关的 N1s 峰, 而 Bhat 和 Bouvet 等人^[4,5]都报道了与 Si₂N—O 键相关的 N1s 峰的存在。另一方面对与 Si₂N—O 键相关的 N1s 峰位也未取得一致的结论。Bhat 等^[6]认为 399.8eV 处的峰应归结于 Si₂N—O 键, 而 Hegde 等^[7]认为 Si₂N—O 键的 N1s 峰在 400.99eV 处。本文采用 PECVD 法制备了 SiO_xN_y 薄膜, 并对其退火前后的微结构进行了详细研究, 发现 Si₂N—O 键和 Si—N=O₂ 键的 N1s 峰分别位于 401eV 及 403eV 处; 同时首次观察到, 退火后有 O 元素释放, 而且退火温度不同, O 元素

2 实验

采用 PECVD 在电阻率为 30~50Ω·cm 的 P 型(100) 双面抛光硅片上沉积 SiO_xN_y 薄膜。反应气体为 SiH₄(10%, Ar 气稀释)、NH₃ 和 N₂O, 反应温度 380℃, 功率 10W, 气压保持在 40Pa。反应过程中, SiH₄ 的流量以及 NH₃ 和 N₂O 的总流量保持不变, 只将 R=NH₃/(NH₃+N₂O) 比从 0 增加到 1。沉积后每片硅片都切分为 4 份, 其中的 3 份分别在 600、750 和 900℃下 N₂ 气氛中进行 30min 的退火处理。

红外吸收谱是用美国 NICOLET 公司 560 型红外光学仪测量得到的, 测量范围从 400cm⁻¹ 到 4000cm⁻¹, 测量步长约为 1.93cm⁻¹。我们采用美国 PHI 公司制造的 PHI5300 ESCA/610 SAM 型光电子能谱仪探测得到 XPS 谱, 其主真空为 1.33×10⁻⁸ Pa, 灵敏度为 80kcps, Al 双阳极靶, 通过能 35.75eV, 测量面积为 10mm×10mm。

本文选取其中一组富氧(R=0.2) 样品进行了 IR 和 XPS 分析。该组样品中 N、Si 和 O 的相对含量

* 教育部骨干教师资助项目

但亚平 男, 1976 年出生, 硕士研究生, 目前从事 MOEMS 方面的研究工作。

2001-06-18 收到, 2001-07-30 定稿

©2002 中国电子学会

由 XPS 谱得到: $C_x\% = \frac{I_x/S_x}{\sum I_x/S_x}$, 其中 I_x 为 XPS 谱线的积分强度, S_x 为各元素的灵敏度因子。分别以接近标准化学配比 $\text{SiO}_2(R=0)$ 和 $\text{Si}_3\text{N}_4(R=1)$ 样品的 O/Si 值和 N/Si 值为参考, 可以得到其它样品的 O/Si 值和 N/Si 值。由于 $\text{SiO}_{x,y}$ 为绝缘材料, 为了消除可能的基底充电的影响, 对 N1s、O1s 和 Si2p 谱我们以 C1s 峰校准。由于在红外吸收谱中未观察到 Si—H 键, 从红外吸收谱中 N—H 伸展模(stretching mode)的积分可以近似地得到 H 的含量。定义 N—H 浓度 $N_{\text{N}-\text{H}} = A_{\text{N}-\text{H}} \int \frac{\alpha(\omega)}{\omega} d\omega$, 其中我们取 $A_{\text{N}-\text{H}} = 2.8 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ ^[8]。

3 实验结果

表 1 列出了该组富氧 $\text{SiO}_{x,y}$ 样品退火前后 N1s、O1s 和 Si2p 谱的峰位、半高宽(FWHM)以及它们的 N/Si、O/Si 原子浓度比和 H 原子浓度。我们先看结合能和半高宽的变化。N1s、O1s、Si2p 峰位始终保持在 398.93、532.97、103.33 eV 附近。半高宽都有同样的变化规律: 600℃或 750℃下退火半高宽减小, 900℃下退火又展宽。600℃下退火与 750℃退火半高宽几乎一样。再分析表中最后三行, 发现经不同温度的退火处理后, N/Si 和 O/Si 值以及 H 浓度的变化规律均有所不同, 这表明退火温度不同化学反应的历程不同, 这一点在后面将详细讨论。

表 1 $\text{SiO}_{x,y}$ 样品的特征含量以及 XPS 峰位和半高宽(E_B 为结合能, FWHM 为半高宽)

Table 1 N/Si and O/Si atom concentration ratio and H atom concentration in the $\text{SiO}_{x,y}$ samples and their XPS peak position with FWHM (E_B represents the binding energy and FWHM represents the full width of half maximum)

退火条件/℃	N1s/eV		O1s/eV		Si2p/eV		N/Si	O/Si	[H]/cm ⁻³
	E_B	FWHM	E_B	FWHM	E_B	FWHM			
未退火	398.84	2.63	532.86	2.57	103.22	2.5	0.12	1.97	1.74×10^{21}
600	399.02	1.87	533.04	2.09	103.39	2.1	0.11	1.86	1.52×10^{21}
750	398.95	1.83	532.97	2.00	103.44	2.05	0.08	1.91	9.51×10^{20}
900	398.9	2.36	533.1	2.34	103.27	2.4	0.10	1.76	3.49×10^{20}

图 1 是这四个样品的 N1s 谱。经 600℃(样品 B)和 750℃(样品 C)退火处理后, 样品的 N1s 谱几乎重合, 未经退火处理(样品 A)和经 900℃退火处理(样品 D)的样品的半高宽比前面两个样品(B 和 C)要大。这 4 个样品的主峰都位于 398.9 eV 附近,

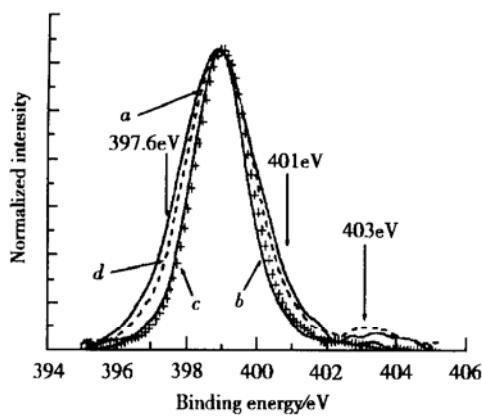


图 1 4 个样品的 N1s 谱 a: 样品 A; b: 样品 B; c: 样品 C; d: 样品 D

Fig. 1 N1s spectra of the four samples a: sample A; b: sample B; c: sample C; d: sample D

我们认为它是 $\text{O}_3\text{Si}-\text{NH}$ (或 O_3SiN) 结构中的 N1s 峰(详细讨论见后)。相对于样品 B 和 C, 样品 A 和 D 的 N1s 谱展宽的原因是由于两侧分别出现了两个小峰的缘故。用高斯曲线分解 N1s 谱, 我们发现, 对于样品 A 可得这两个小峰分别为 397.6 eV (半高宽: 2.88 eV)、401 eV (半高宽: 1.52 eV); 样品 D 的两小峰为 397.6 eV (半高宽: 1.82 eV)、401 eV (半高宽: 1.42 eV)。由于样品 A 的 397.6 eV 峰的半高宽 (2.88 eV) 比 $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ 中 N1s 峰的半高宽 (1.89 eV) 大得多^[9, 10], 因而不能将它指认为 $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ 中 N1s 峰, 在此我们只能将它视为次邻近原子不同的混合键 SiN_x ($x=1, 2, 3, 4$) 的 N1s 峰^[11]。样品 D 的 397.6 eV 峰与 $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ 中 N1s 峰的特征吻合, 因此我们认为 900℃下退火后样品中出现了 $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ 结构。虽然对于 401 eV 处峰的指认还存有分歧^[6, 7], 但我们倾向于将它指认为 $\text{Si}_2\text{N}-\text{O}$ 结构中的 N1s 峰。文献^[12]认为 trans-[Co(NH₂CH₂CH₂NH₂)₂-(NO₂)]NO₃ 中由于 N 的结合状态不同, 其 N1s 峰有如下特征:

NO_2 : ~ 404eV NO_3 : ~ 407eV

对于样品 A 和 D 都在 403eV 附近有一小峰, 我们推断它可能是 $\text{Si}-\text{N}=\text{O}_2$ 结构中的 $\text{N}1s$ 峰。样品在 A 和 D 中出现 $\text{N}-\text{Si}$ 、 $\text{Si}_2\text{N}-\text{O}$ 和 $\text{Si}-\text{N}=\text{O}$ 一结构也导致了样品 A 和 D 中 $\text{O}1s$ 和 $\text{Si}2p$ 峰有较大的半高宽, 如表 1 所示。

图 2 所示为 4 个样品在 $3200\sim 3800\text{cm}^{-1}$ 范围内的红外吸收谱。文献[13]给出了如下几种结构中 $\text{N}-\text{H}$ 伸展模的红外吸收峰位:

$\text{N}_3\text{Si}-\text{NH}$: 3330cm^{-1} ; $\text{N}_2\text{OSi}-\text{NH}$: 3355cm^{-1}

$\text{NO}_2\text{Si}-\text{NH}$: 3375cm^{-1} ; $\text{O}_3\text{Si}-\text{NH}$: 3400cm^{-1} 位于 3391cm^{-1} 处的主峰是上述 4 种 $\text{N}-\text{H}$ 伸展模的混合, 其中 $\text{O}_3\text{Si}-\text{NH}$ 结构中的 NH 伸展模是主要的。它的右侧约 3500cm^{-1} 处的峰是 NH_2 的伸展模^[14]。从 3550cm^{-1} 到 3750cm^{-1} 的吸收带包含有 $\text{Si}-\text{OH}$ (3670cm^{-1})^[15] 和 $\text{N}-\text{OH}$ ($3570\sim 3600\text{cm}^{-1}$)^[16] 结构的 OH 伸展模。 600°C 下退火主峰除左肩变窄外几乎没有什么变化, NH_2 伸展模有所减弱, 与 OH 相关的伸展模均消失。主峰左肩变窄表明, n 值小的 $\text{O}_n\text{Si}_{4-n}-\text{NH}$ ($n=0, 1, 2, 3$) 结构中 $\text{N}-\text{H}$ 键减少。Claassen 等人^[13]认为 $\text{O}_n\text{Si}_{4-n}-\text{NH}$ ($n=0, 1, 2, 3$) 结构中 $\text{N}-\text{H}$ 键的稳定性与 n 的大小有直接的关系, n 越大越稳定, 也就是说由于 O 的电负性较大, N 的次邻近 O 原子的个数越多, N-H 键越稳定, 这与我们实验观察到的现象是一致的。 750°C 下退火主峰有所减弱, NH_2 伸展模几乎消失。 900°C 下退火, 主峰积分强度只有 20% 剩余。

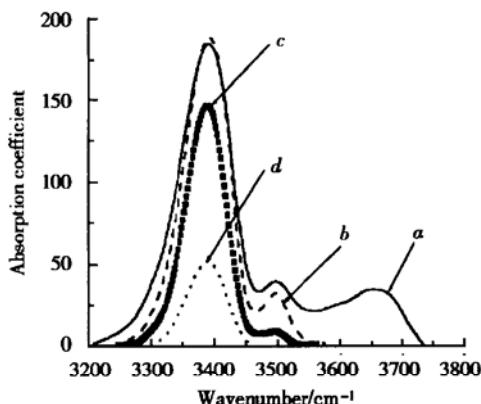


图 2 4 个样品在 $3200\sim 3800\text{cm}^{-1}$ 范围内的红外吸收谱 a: 样品 A; b: 样品 B; c: 样品 C; d: 样品 D

Fig. 2 IR spectra in the range of $3200\sim 3800\text{cm}^{-1}$ of the four samples a: sample A; b: sample B; c: sample C; d: sample D

图 3 所示为样品 A、B、C、D 在 $750\sim 1500\text{cm}^{-1}$ 范围内的红外吸收谱。随着退火温度的升高, 主峰 $\text{Si}-\text{O}$ 伸展模从 1030cm^{-1} 增大到 1060cm^{-1} 。 810cm^{-1} 处一小峰一直保持不变, 可指认为 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 的弯曲模(bending mode)^[17, 18]。未退火样品的主峰呈一大包状, 半高宽较大; 600°C 退火后, 主峰半高宽变窄并且明显地分为两峰: 1050cm^{-1} 和 960cm^{-1} 。前者为接近标准化学配比 SiO_2 中的 $\text{Si}-\text{O}$ 伸展模^[17, 19], 对于后者文献[14]报道了类似的峰位, 这里我们认为它是 $\text{O}_3\text{Si}-\text{N}$ (或 $\text{O}_3\text{Si}-\text{NH}$) 结构中 $\text{Si}-\text{N}$ 的伸展模。主峰半高宽变窄表明薄膜微结构更加有序^[15, 20]。 700°C 退火后主峰进一步移到 1060cm^{-1} 处, 同时强度增强。 900°C 退火后主峰强度略有减弱, 同时 890cm^{-1} 处出现了一小峰, 该峰通常被指认为 $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ 中的 $\text{Si}-\text{N}$ 伸展模^[21], 进一步证明了 900°C 退火后样品中出现了 $\text{a-Si}_3\text{N}_4$ 结构。

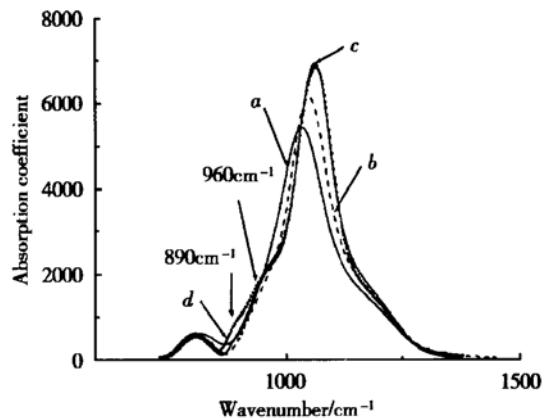


图 3 样品在 $750\sim 1500\text{cm}^{-1}$ 范围内的红外吸收图 a: 样品 A; b: 样品 B; c: 样品 C; d: 样品 D

Fig. 3 IR spectra in the range of $750\sim 1500\text{cm}^{-1}$ of the four samples a: sample A; b: sample B; c: sample C; d: sample D

4 讨论

4.1 结构

人们对于 398.6eV 附近的峰一直存在众多不同的解释。Rignanese 等人总结性地提出, 由于次邻近 O 原子的影响, 398.6eV 峰是结构 $\text{O}_9\text{Si}_3\text{N}$ 中的 $\text{N}1s$ 峰^[11]。图 1 中的主峰位于 398.9eV 附近, 半高宽约 1.8eV 。考虑到下列两个事实, 我们倾向于将它指认为结构 O_3SiNH 中的 $\text{N}1s$ 峰: (1) 图 2 中的主峰

是 O_3Si-NH 结构中 NH 键的伸展模, 而 N 的数量与 H 的数量可比, 因而大多数 N 都应与 H 结合在一起; (2) H 的电负性(2.15)比 Si 的电负性(1.8)要大。

在未退火的样品 A 中, SiN_x ($x = 1, 2, 3, 4$) 结构、 $O_nSi_{4-n}-NH$ ($n = 0, 1, 2, 3$) 结构以及 $Si-OH$ 、 $N-OH$ 、 $Si-O_4$ 、 Si_2N-O 、 $SiN=O$ 等都同时存在。我们可以用随机键模型(random bond model) 描述^[20]。认为此时薄膜内部键的组合是混乱无序的, 因此图 3 中样品 A 的主峰呈一大包状。600~750°C 退火处理后, 薄膜中 n 值小的 $O_nSi_{4-n}-NH$ ($n = 0, 1, 2, 3$) 结构中的 NH 以及 $Si-OH$ 、 $N-OH$ 、 Si_2N-O 、 $SiN=O$ 等不稳定的成键形式消失, 物质结构更加有序。此时, SiO_xNy 主要微结构形式有 $Si-O_4$ 和 O_3Si-NH 两种, 可以用随机混合物模型(random mixture model) 描述^[22]。900°C 退火后, 我们应当注意到两方面的现象: (1) 从图 2 中我们发现 O_3Si-NH 结构的 H 大量释放。H 释放后 O_3Si-NH 变成了含有 N 悬挂键的 O_3SiN —结构。比较 750°C 和 900°C 退火样品的 C-V 特性, 发现 900°C 退火后界面态密度明显增多, 这在一定程度上证明了悬挂键增多这一事实。悬挂键增多, 物质内部应力增大, 折射率较大的样品高温退火易于出现裂缝^[1], 因为以 SiH_4 、 NH_3 和 N_2O 为反应气体用 PECVD 法制备的 SiO_xNy 薄膜折射率高含 H 量就高^[13], 所以折射率高的样品高温退火后, H 的释放导致 N—悬挂键的大量出现必然易于出现裂缝。(2) 900°C 退火后, 从图 1 中又观察到 401eV 和 403eV 峰, 表明 Si_2N-O 和 $SiN=O_2$ 键重新出现在薄膜中。考虑到它们的化学不稳定性, 我们推测这可能是为了降低由于大量 N—悬挂键引起的应力, 微结构局部重组的缘故。另外, 900°C 退火后薄膜中出现了 $a-Si_3N_4$ 结构, 这也有利于抑制悬挂键的大量出现。

4.2 化学反应过程

在实验中我们首次发现退火导致 O 含量减少这一有趣的现象。Martinez 等人观察到并且解释了 Si_3N_4 退火后 N、H 的释放。实验中我们也观察到了 SiO_xNy 中 N、H 的释放, 但 O 的减少却是首次发现的, 这引起了我们极大的兴趣。以 O/Si 值的变化为例, 600°C 退火后为 1.86, 750°C 退火后为 1.91, 说明 750°C 下退火后 O 没有 600°C 下减少得多。为了能更好观测这种变化, 我们将表 1 中退火前后 N/Si 和

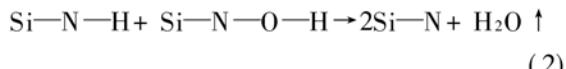
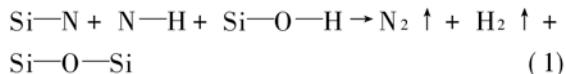
O/Si 相应的差值列在表 2 中。为说明表中各栏的意义, 我们以带*号的一格为例。它表示样品 A 与样品 B 中 N/Si 的相对变化。从表 2 我们不难发现, N/Si 和 O/Si 值以及 H 的含量在退火处理后都减少了, 但是 750°C 下退火 O/Si 的减少受到了抑制, 而 N/Si 的减少则有加大的趋势。

表 2 SiO_xNy 样品中特征含量的变化 X 可以是 N/Si, O/Si 或 [H]。

Table 2 The decrease of N/Si and O/Si atom concentration ratio and H atom concentration in the SiO_xNy samples X can be N/Si, O/Si and [H].

	N/Si	O/Si	[H]
$(X_A - X_B)/X_A$	0.14*	0.05	0.13
$(X_A - X_C)/X_A$	0.34	0.03	0.45
$(X_A - X_D)/X_A$	0.22	0.11	0.80

从图 1 和图 2 不难发现: 600°C 退火后, Si_2N-O 、 $SiN=O_2$ 、 $SiO-H$ 和 N—OH 键消失, n 值小的 $O_nSi_{4-n}-NH$ ($n = 0, 1, 2, 3$) 结构中 N—H 键呈减少趋势而 Si—O 键则有所增多。针对这些现象我们提出以下化学反应予以解释。



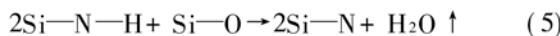
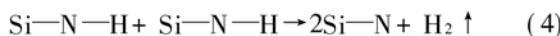
N、H 的减少主要是以 N_2 和 H_2 的形式释放出去的^[23], 而 O 的减少, 我们认为主要是以 H_2O 的形式释放出去的。化学反应(1)是根据 Martinez 等人结果^[23]并结合我们的实验现象提出的。这一反应解释了 N、H 的减少, OH 键的消失, 以及红外吸收谱中 Si—O 伸展模的增强。反应(2)主要解释了 O 元素的减少和 N—OH 键的消失。 Si_2N-O 和 $SiN=O$ 键通过与 Si—N 键作用转化为 Si—O 键。

相对于 600°C 退火处理, 750°C 退火处理后物质的微结构没有发生明显的变化, 只是 Si—O—Si 红外伸展模强度有了进一步的增强, $O_nSi_{4-n}NH$ 结构中的 H 进一步释放, NH_2 —结构几乎消失(图 2), N 的释放量有大幅的增加, O 的释放量却有所减少。由于进行不是快速退火处理, 我们认为当温度升到 750°C 以前上述的两个反应过程均有一定程度的发生。O 的释放受到抑制, 必定是由于反应(2)没有能够长时间地进行, 到 750°C 以后发生了下述反应。





它对 O 的释放起到了一定缓和作用, 而对 H、N 的释放有加速作用。红外吸收谱中 Si—O 伸展模的进一步增强也可得到解释。相对于 750℃退火处理, 900℃退火处理后, O_3SiNH 结构中的 H 只剩约最初的 20%, O 大量释放, N 的释放有所抑制, Si—O 伸展模强度有微弱的降低。在升温的过程中除了发生上述三个反应, 又发生了下述两个反应:



反应(4)已经由 Martinez 等人^[23]提出。它解释了 H 的加速释放、 O_3SiNH 结构中 N—H 伸展模积分强度的急剧减小。反应(5)加速了 O 元素的释放, 稍微减弱红外吸收谱中 Si—O 伸展模强度(图 3)。文献[14]报道, $\equiv\text{SiNHSi}\equiv$ 只有在退火温度高达 900℃以后才能转化成为 $\equiv\text{Si}_3\text{N}$ 结构, 我们认为反应(4)和(5)都包含了这一过程, 这样 Si_3N_4 的出现可以得到很好地解释。同时, $\equiv\text{SiNHSi}\equiv$ 转化为 $\equiv\text{Si}_3\text{N}$ 结构, 在一定程度上抑制了 N 悬挂键的大量出现。

900℃退火后, 悬挂键的大量出现导致了薄膜应力的急剧增加, 微结构的重组导致了 $\text{Si}_2\text{N}—\text{O}$ 和 $\text{SiN}=\text{O}_2$ 的出现, 这在一定程度上释放了由于 N 悬挂产生的应力。

5 结论

我们采用 PECVD 法以 SiH_4 、 N_2O 和 NH_3 为反应气体制备了一系列组分不同的 SiO_xN_y , 其中一组富氧 SiO_xN_y 分别在 600、750 和 900℃下退火。用 IR 谱和 XPS 谱对它们进行了深入的研究发现:

(1) 退火前样品的微结构是各种键的随机混合, 可用混合键模型(random bond model)描述。600℃退火以后, $\text{SiN}—\text{O}$ 、 $\text{SiN}=\text{O}_2$ 等不稳定的键消失, 薄膜的微结构主要由 $\text{Si}—\text{O}_4$ 和 $\text{O}_3\text{Si}—\text{NH}$ 两种结构组成, 可以用混合物模型(random mixture model)加以描述。900℃退火后, 绝大部分 H 均已释放, 含有 N—悬挂键的 $\text{O}_3\text{Si}—\text{N}$ —结构大量出现, 薄膜内部应力加大, $\text{Si}_2\text{N}—\text{O}$ 、 $\text{SiN}=\text{O}$ 和 $\text{Si}\equiv\text{N}$ 的重新出现有利于抑制应力增大。

(2) N/Si 和 O/Si 值以及 H 的含量在退火处理

后都呈下降趋势, 但是 750℃下退火 O/Si 的减少受到了抑制, 而 N/Si 的减少则有加大的趋势。这主要是因为退火温度不同反应历程不同导致的。

参考文献

- [1] Lian S, Forouhi A R, Li G G, et al. Semiconductor International, 1998: 253
- [2] Wohoff K, Lambeck P V, Driessen A J Lightwave Technol, 1999, 17: 1401
- [3] Yao Zeqiang. J Appl Phys, 1995, 78: 2906
- [4] Bhat M, Yoon G W, Kin J, et al. Appl Phys Lett, 1994, 64: 2116
- [5] Bouvet D, Clivaz P A, Dutoit M, et al. J Appl Phys, 1996, 79: 7114
- [6] Bhat M, et al. Appl Phys Lett, 1994, 64: 1168
- [7] Hegde R I, Tobin P J, Reid K G, et al. Appl Phys Lett, 1995, 66: 2882
- [8] Guraya M M, Ascolani H, Zampieri G, et al. Phys Rev B, 1990-II, 42: 5677
- [9] Bae S, Farber D G, Fonash S J. Solid-State Electronics, 2000, 44: 1355
- [10] Raider S I, Flitsh R, Aboaf J A, et al. J Electrochem Soc, 1976, 123: 560
- [11] Rignanese G-M, Pasquarello A, Charlier J-C, et al. Phys Rev Lett, 1997, 79: 5174
- [12] Hendrickson D N, Hollander J M, Jolly W L. Inorganic Chemistry, 1969, 8: 2642
- [13] Claassen W A P, v d Pol H A J Th, Goemans A H, et al. Electrochim Soc, 1988, 133: 1458
- [14] Narikawa Shiro, Kojima Yashimi, Ehara Shaw. Jpn J Appl Phys, 1985, 24: L861
- [15] Koba R, Tressler R E. J Electrochim Soc, 1998, 135: 144
- [16] Wu Jingguang. Fourier transform infrared spectroscopy technology and its application of modern times(I), 1994: 627 (in Chinese) [吴瑾光. 近代傅里叶变换红外光谱技术及应用(上卷), 1994: 627]
- [17] Lucovsky G, Tsu D V. J Vac Sci Technol A, 1987, 5(4): 2231
- [18] He Lenian. Chinese Journal of Semiconductors, 2001, 21(1): 60 (in Chinese) [何乐年. 半导体学报, 2001, 21(1): 60]
- [19] Tsu D V, Lucovsky G, Davidson B N. Phys Rev B, 1989-II, 40: 1795
- [20] Alayo M I, Pereyra I, Carreno M N P. Thin Solid Films, 1998, 332: 40
- [21] Smith D L. J Electrochim Soc, 1990, 137: 614
- [22] Behrens K-M, Klinkenberg E-D, Finster J, et al. Surf Sci, 1998, 402/404: 729
- [23] Martinez F L. J Non-Cryst Solids, 1998, 227~230: 523

Annealing Effects on Oxygen-Rich Silicon Oxynitride^{*}

Dan Yaping, Yue Ruifeng, Wang Yan, Yao Yongzhao, Xu Yang and Liu Litian

(Institute of Microelectronics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Annealing behavior for oxygen-rich silicon oxynitride samples at 600, 750 and 900°C are described by infrared spectroscopy and X-photoelectron spectroscopy. In addition to the release of N and H, the dissociation of oxygen is observed for the first time. The release quantities of N, H and O and the changes of microstructure are different after different temperature annealing. Five chemical procedures are proposed to interpret these observations.

Key words: SiO_xN_y thin film; IR; XPS; PECVD

PACC: 8115H; 7830; 8140; 7960

Article ID: 0253-4177(2002)04-0388-06

* Project supported by Foundation of Chinese Ministry of Education for Outstanding Teachers

Dan Yaping male, was born in 1976, graduate student. His current research interest is in the fields of MOEMS.

Received 18 June 2001, revised manuscript received 30 July 2001

©2002 The Chinese Institute of Electronics