

直接接合応用へ向けた低温堆積 CVD-SiO₂ 膜の界面近傍解析

Interfacial Analysis of Low Temperature Deposited CVD-SiO₂ for Direct Bonding

横浜国立大学¹, 筑波大学², °北川 颯人¹, 大西 洸輝¹, 岩田 知也¹, 布施 淳也¹,
上殿 明良², 井上 史大¹

Yokohama National Univ.¹, Univ. of Tsukuba², °Hayato Kitagawa¹, Koki Onishi¹, Tomoya Iwata¹,
Junya Fuse¹, Akira Uedono², Fumihiro Inoue¹

E-mail: inoue-fumihiro-ty@ynu.ac.jp

チップレットやロジックデバイス、HBM の 3 次元集積において直接接合が非常に大きな注目を浴びている[1,2]。ここでの大きな技術的課題は熱履歴の低減であり、プロセス全体の低温化(≦250°C)が求められている。本研究では、高信頼性を有する 3 次元積層デバイスの実現に向け、低温(150°C)堆積 SiO₂ 膜の接合界面ボイド形成メカニズムについて調査を行った。

TEOS 液体ソースを原料として PECVD により 150°C で SiO₂ 膜を Si ウエハに堆積した。接合前アニール及び CMP 後、ウエハ表面に窒素プラズマを照射し活性化を行った。その表面同士を常温、大気圧下で張り合わせ接合した。接合後に 150°C と 250°C のアニールを 1 時間ずつ施し、接合界面を超音波顕微鏡(SAM)によって観察した。

接合前アニール(250°C)有無の SiO₂ 膜それぞれの接合を行った。そのウエハペアをアニール(150°C)した後の SAM 画像を Fig. 1(a), (b)に示す。(b)では多くのボイドが見られる一方で、(a)でアウトガスに起因するボイドは見られなかった。これは接合前アニールにより膜内部のガスが先に脱気したためであると考えられる。ゆえに、接合後アニール温度より高い温度での接合前アニールがボイド抑制に有効であると考えられる。Fig. 1(c)にアニール温度毎の陽電子消滅法(PAS)測定の結果を示す。熱酸化膜と比べて低温堆積膜の S 値が低いのは欠陥中に何らかの膜中残存物質が捕捉されているからだと考えられる[3]。また、アニール温度上昇につれて熱酸化膜に似た欠陥の状態に近づいている。これは、膜中残存物質がアニールによって揮発していることを示している。Fig. 1(d)に示す低温堆積膜からの揮発ガス検出結果より、250°C 以下での特徴的な揮発ガスは水である。これは、原子欠陥に水が捕らわれていたという PAS の結果を補足するものとなっている。

参考文献

[1] F. Inoue, et. al., IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS 42(12) (2022), [2] F. Inoue, et. al., ECS Journal of Solid State Science and Technology, 8 (6) P346 (2019) [3] M. Sometani, et. al., J. Appl. Phys 51 021101 (2012)

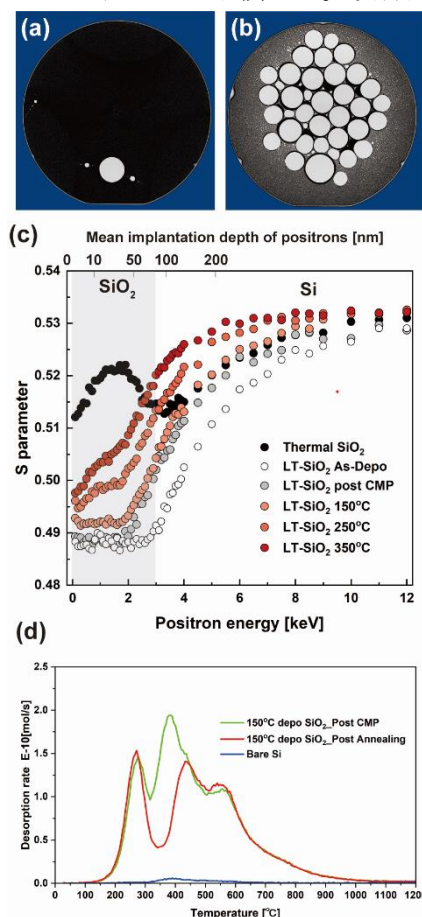


Fig. 1. SAM images of LT-SiO₂/LT-SiO₂ bonded wafers after post-anneal at 150°C (a) pre-anneal at 250°C, and (b) no pre-anneal. (c) PAS results of LT-SiO₂. (d) TDS results of water outgas from LT-SiO₂.