

引張り歪層による Si 基板上 InP 小片接合界面の垂直応力抑制

Suppression of Vertical Stress at InP/Si Chip-on-Wafer Bonding Interface

by Introduction of Tensile-Strained Layer

○菊地 健彦^{1,3}、白 柳³、御手洗 拓矢³、八木 英樹¹、新田 俊之¹、
古川 将人²、雨宮 智宏^{3,4}、西山 伸彦^{3,4}

住友電工(株) 伝送デバイス研究所¹、解析技術研究センター²

東京工業大学 工学院電気電子系³、未来産業技術研究所⁴

○Takehiko Kikuchi^{1,3}, Liu Bai³, Takuya Mitarai³, Hideki Yagi¹, Toshiyuki Nitta¹,

Masato Furukawa², Tomohiro Amemiya^{3,4}, Nobuhiko Nishiyama^{3,4}

Transmission Devices Laboratory¹, Analysis Technology Research Center², Sumitomo Electric Industries, Ltd.

Dept. of Electrical and Electronic Engineering³, Institute of Innovative Research (IIR)⁴, Tokyo Institute of Technology

E-mail: kikuchi-takehiko@sei.co.jp

【はじめに】III-V 族半導体を小片サイズで Si フォトノクスウェハ上に直接接合する Chip-on-Wafer (CoW) 接合技術を用いたハイブリッド集積は、小型・高速・低消費電力な次世代の光集積回路実現に有望である。我々はこれまでに、プラズマ活性化接合を用いた InP/Si-CoW 接合において、InP 小片の接合面に引張り歪を有するエピタキシャル層(以後エピ層)を成長することで接合強度が向上することを実験的に示してきた[1, 2]。今回我々はこのメカニズムを解明するため、InP/Si 接合界面の垂直応力に着目し解析を行った結果、エピ層の引張り歪に伴う InP 小片の反り量(応力)変化がチップ端の垂直応力を補償することで接合強度が向上することを明らかにしたので報告する。

【解析モデルと結果】応力解析には二次元の有限要素法を用いた。Fig. 1 に示すように、実際の接合条件に合わせて、550 μm 厚の Si 基板上に 350 μm 厚の InP 小片を温度 150 $^{\circ}\text{C}$ にて接合後、25 $^{\circ}\text{C}$ に冷却する条件下で計算を行った。また、InP 小片のエピ層厚は 0.7 μm とし、エピ層の InP 基板に対する歪量により、InP 小片の反り量が変化する効果も考慮した。Fig. 2(a)、及び(b)にエピ層の歪量を 0%、及び-0.3%(引張り歪)とした場合の接合界面の垂直方向の応力分布図を示す。歪量 0% の場合では、InP チップ端の接合界面において、InP と Si の熱膨張係数差に起因して、100 MPa 以上の強い引張り応力が発生している。この引張り応力は InP 小片を Si 基板から引き剥がす方向であり、接合強度を低下させる。一方、-0.3%の引張り歪の場合では、接合界面の熱膨張係数差に起因した引張り応力が抑制されていることが分かる。これは InP 小片がエピ層の引張り歪により凹型に反る(引張り応力)ことで、基板側を表にして接合した際は小片端を Si 基板に押し付ける圧縮応力が発生し、上述の引張り応力と打ち消し合うためと考えられる。以上の結果から、InP/Si-CoW 接合における引張り歪エピ層の導入は接合強度の改善に有効であることを定量的に示した。

[1] 白 他, 2019 年春季応用物理学会, 10a-W331-9 (2019). [2] T. Kikuchi, et al.: Proc. LTB-3D 2019, paper 220-08.

謝辞: 本研究の一部は、JST-ACCEL (JPMJAC1603), JST-CREST (JPMJCR15N16), 科研費 (#16H06082, #17H03247)の援助を得た。

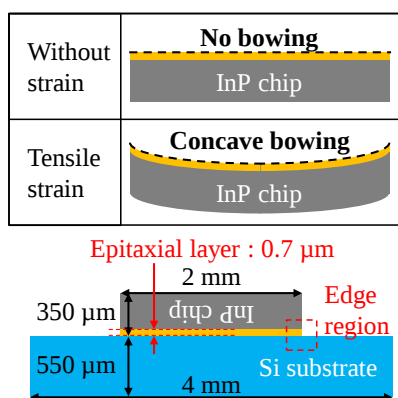


Fig. 1 Schematic diagram of calculation model.

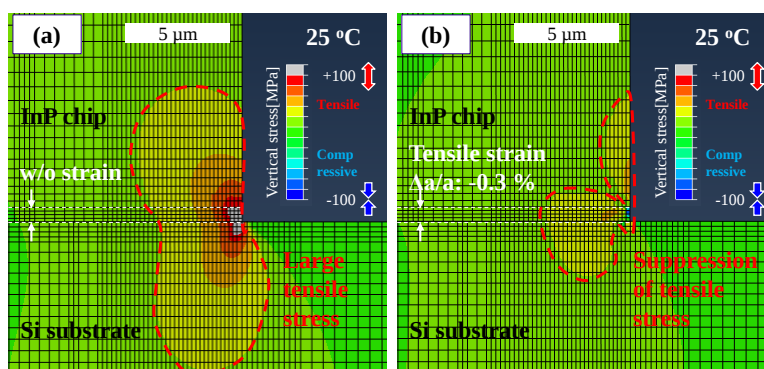


Fig. 2 Calculated vertical stress mapping at the edge region of the bonding interface (a) without strain and (b) with -0.3% tensile strain in the epitaxial layer.