

自己伝播発熱素材と光技術によるウェハ接合技術開発とその応用

[研究代表者] 生津資大 (工学部機械学科)

[共同研究者] 河口大祐, 伊ヶ崎泰則, 小柳津雅輝 (浜松ホトニクス株式会社)

研究成果の概要

本研究では、レーザーを使った Al/Ni 多層膜の反応誘起技術と従来のウェハダイシング技術を融合させ、半導体デバイスの瞬間接合とダイシングとを融合した新たな加工技術を提案する。2017 年度、まず、スパッタ製膜した Al/Ni 多層膜をレーザー刺激により反応誘起させ、反応誘起性と発熱量のバイレイヤー厚依存性を調べた。その結果、単位質量当たりの発熱量はバイレイヤーが厚いほど大きかったが、反応誘起性はバイレイヤー厚 15~25nm が最良であった。

研究分野: ナノテクノロジー, 材料工学, 機能性材料

キーワード: 自己伝播発熱材料, 瞬間反応接合, ステルスダイシング

1. 研究開始当初の背景

Al/Ni や Ti/Si 等、軽金属と遷移金属をナノの厚みで積層堆積させた多層膜は、外部刺激により化合物を生成し、発熱する。局所的な発熱が周辺の反応を誘起するエネルギーとして使われるため、発熱反応が膜内を高速自己伝播する。極微小なエネルギーで反応誘起でき、かつ、アウトガスがないため、省エネかつゼロエミッションな環境フレンドリー機能材料である。このような特徴を利用して、Al/Ni 多層膜を熱源とした、新たなハンダ接合技術が注目されている。

2. 研究の目的

愛工大生津研究室では、Al/Ni 発熱素材をハンダ溶解の熱源として利用し、Si ウェハ等の瞬間接合技術への応用を提案してきた。これにより、数 cm 角の Si チップを 0.1 秒以内に瞬間的にハンダ接合できることを実証した (図 1)。一方、浜松ホトニクスはレーザーを利用した研究開発を軸とし、様々な機器開発を行ってきた。生津研究室の瞬間発熱体を浜松ホトニクスのレーザー技術で反応誘起できれば、機能性材料を用いた瞬間接合技術を産業利用できる可能性が高まる。例えば、ハイブリッド車に用いられるパワー半導体やスマートフォン等の IC の実装技術に利用できれば、製造時間短縮およびコスト削減が飛躍的に進むだけでなく、その需要の大

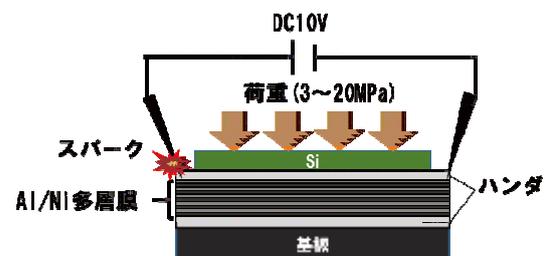


図 1 Al/Ni 多層膜を用いた瞬間ハンダ接合の様子

きさから、環境問題への配慮も十分に期待できる。愛工大の材料技術と浜松ホトニクスのレーザー技術を融合させ、唯一無二の接合技術・装置開発を行うとともに、環境問題解決への新たな技術提言を目指す。

3. 研究の方法

(1) 発熱多層膜のスパッタ製膜

金属の組合せ、原子比、バイレイヤー厚、総膜厚等、発熱性能と係るパラメータを変化させ、様々な発熱多層膜をスパッタ製膜する。これらの発熱性能評価とともに、電気刺激によるハンダ接合実験を行い、クラック・ボイドの発生や機械信頼性等を評価する。



図2 Al/Ni 多層膜反応誘起のためのレーザーシステム

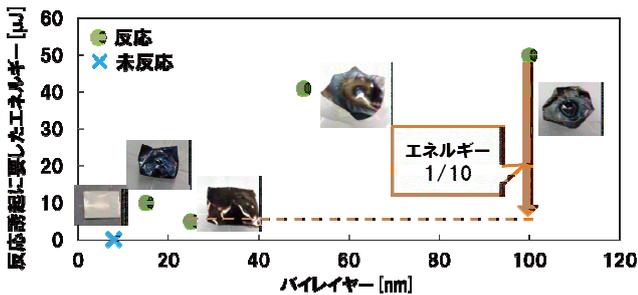


図3 反応誘起エネルギーのバイレイヤー厚依存性

(2) レーザー反応誘起条件特定とメカニズムの検討

様々な発熱多層膜を様々なレーザーと照射条件で反応させ、反応可否を実験調査するとともに、そのメカニズムを特定する。

4. 研究成果

図2に示すパルスレーザーシステムを用い、様々なバイレイヤー厚を持つ厚さ $30\mu\text{m}$ の Al/Ni 多層膜の反応誘起を試みた。低出力から徐々にエネルギーを上げていき、反応誘起した値を反応誘起エネルギーと定義した。図3に反応誘起エネルギーとバイレイヤー厚の関係を示す。図より、バイレイヤー100nmのAl/Ni多層膜は反応誘起に約 $50\mu\text{J}$ のエネルギーを要することがわかった。バイレイヤー厚の低下に伴って反応誘起に要するエネルギーが徐々に低下し、バイレイヤー25nmではおよそ $5\mu\text{J}$ まで低くなった。バイレイヤー8nmでは反応誘起できず、今回の実験範囲では15~25nmが反応誘起の観点からは最良であった。

図4に示差走査熱量計 (DSC) で求めた反応熱量の結果を示す。同図左が DSC プロファイル、右が単位質量当たりの発熱量とバイレイヤー厚との関係である。左図より、バイレイヤー厚の増加により発熱ピークの数と高

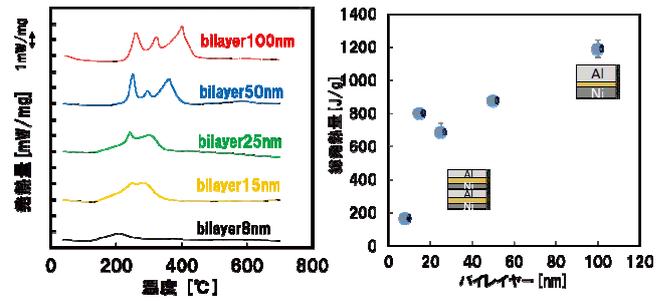


図4 DSC カーブと発熱量のバイレイヤー厚依存性

さが増えていることがわかる。この面積から単位質量当たりの発熱量を算出した結果、バイレイヤー厚 100nm で発熱量は約 1200J/g であり、ホックイロに用いられる鉄の酸化反応の約 $1/5$ であった。バイレイヤー厚の低下に伴って反応熱量も低下し、バイレイヤー8nmではおよそ 180J/g であった。

以上の結果より、パルスレーザーをハンダ接合のための Al/Ni 多層膜の反応誘起トリガとして用いる場合、バイレイヤー厚が薄いほうが反応させやすいが、ハンダ熔融熱源であることを考えると厚いほうが望ましく、熱収支データに基づいた最適化が必要ながわかった。

5. 本研究に関する発表

該当なし。