# 金属ナノ粒子の電気泳動による TSV への高速埋め込みの基礎検討 Application of electrophoretic deposition of nano-particles to high-speed via filling 九州大学 多喜川 良,仲原 清顕,首藤 高徳,池田 晃裕,浅野 種正 Kyushu Univ. Ryo Takigawa, Kiyoaki Nakahara, Takanori Shuto,

Akihiro Ikeda, Tanemasa Asano

E-mail: takigawa@ed.kyushu-u.ac.jp

## 1.はじめに

高集積化、高速・低消費電力化が期待できるシリコン貫 通電極(TSV: Through Silicon Via)を用いた三次元実装技術 の進歩は近年著しい。現状では TSV への導電性材料を埋 め込む手法として、めっき法が利用されようとしている。 しかしながら、めっき法の堆積速度が遅いため、TSV を 完全に埋め込むには数時間必要となり、これが招くコスト 高が TSV 技術の実用化の障害の一つとなっている[1]。

そこで本研究では、従来のめっき法に代わる新しい TSV への高速埋め込み技術として電気泳動法に着目した。電気 泳動により、ナノ粒子レベルで金属を堆積させることで、 堆積速度の飛躍的な向上が見込める。

## 2.実験及び結果

TSV に見立てた微細孔をフォトレジストにより作製した.まず熱酸化で SiO2 を形成した Si 上に、スパッタリン グで TiW と Au をそれぞれ 250 nm ずつ成膜した後、フォ トレジストで微細孔(直径約 10  $\mu$  m、深さ 30  $\mu$  m)を作製 した。作製した試料を陽極,炭素棒を陰極として Ag コロ イド溶液に浸し、電流を流すことで電気泳動を行った。使 用した Ag コロイド溶液は金属濃度 10%、平均ナノ粒子径 10 nm である。電気泳動は,電流密度 100 mA/cm<sup>2</sup>、堆積 時間 1 min の条件で行った.電気泳動後、純水洗浄を行っ た後, 120 °C 5 min 間の条件で大気中乾燥させた。図 1(a) に上記の条件で形成した埋込電極の断面を示す。直径約 10  $\mu$ m,深さ 30 $\mu$ m の貫通孔に Ag ナノ粒子をボイドな く充填できることが分かる。図 1(b)に,埋込電極を高倍率 で観察した像を示す。この像から、電極は Ag 粒子の集合 体であることが確認できる。

図 2 に電荷量と Ag ナノ粒子の堆積量の関係を示す。電荷量と堆積量は比例関係にあることから電気泳動の効果が確認でき、高速の堆積が可能となることがわかる。

次に微細孔に埋め込みを行い、熱処理により乾燥させた Ag 電極の電気抵抗を測定した。4 端子測定によりプロー ブの接触抵抗の影響を回避するように測定は行われた。た だし、Ag 電極と下地の Au/TiW 配線の接触抵抗を含んだ 抵抗が測定される。図3に,熱処理温度による抵抗の変化 を示す。それぞれの抵抗値を求めると常温乾燥で1.68 Ω、 120 °Cで 1.07 Ω、250 °Cでは 0.74 Ωであった。SEM 観 察の結果から、この抵抗の低下は、Ag ナノ粒子間の融着 が進行するためであると推察される。ここで測定した抵抗 値はAg 電極の抵抗と下地配線との接触抵抗を含んだ値で ある。そこで、Ag 電極部分の抵抗値だけを測定するため、 直径を10 μmとしたまま深さ20 μmの開孔を用意し、 それに同様に埋め込んだ試料の抵抗値を測定した.その結 果、250 ℃で加熱乾燥した場合の抵抗値は 0.72 Ωであっ た。接触抵抗の値は Ag 電極の長さに依らないと考えて良 いので、抵抗値の差分が Ag 電極部分の抵抗を示す。この 抵抗値の差分から Ag 電極のみの抵抗率を測定したところ 

#### 3.おわりに

金属ナノ粒子の電気泳動により、直径 10 µm、深さ 30 µmの貫通穴の1分間という高速埋め込みに成功した。めっき法に比べて数十倍の高速埋込が可能であると考えら

れる。電気抵抗のさらなる低減化に向けた低温処理方法の 開発も必要となるが、本手法はめっき法に代わる新しい TSVの高速埋め込み法として期待できる。

# 4.参考文献

[1]高橋健司、博士論文 (九州大学、2010)

#### 5.謝辞

コロイド溶液の作製に御協力いただいた日揮触媒化成 株式会社ファイン・マルチメディア研究所の小柳嗣雄氏お よび熊澤光章氏に感謝する。



図1 (a)電気泳動により Ag ナノ粒子が埋め込まれた 貫通穴の断面 (b)Ag 埋め込み電極の拡大図

