

汎用LSIパッケージが使える MEMS向け新プロセス技術

RF MEMS デバイスを低コスト化

MEMS (micro electro mechanical systems) デバイスのパッケージ・コストを削減できる技術を米 University of California, Los Angeles (UCLA) が開発した。MEMS技術で実現する携帯電話機向けRF (無線周波) 部品の低コスト化をもたらす。UCLAの開発成果は、研究段階に過ぎないが、発表した学会「MEMS 2006 (19th IEEE International Conference on

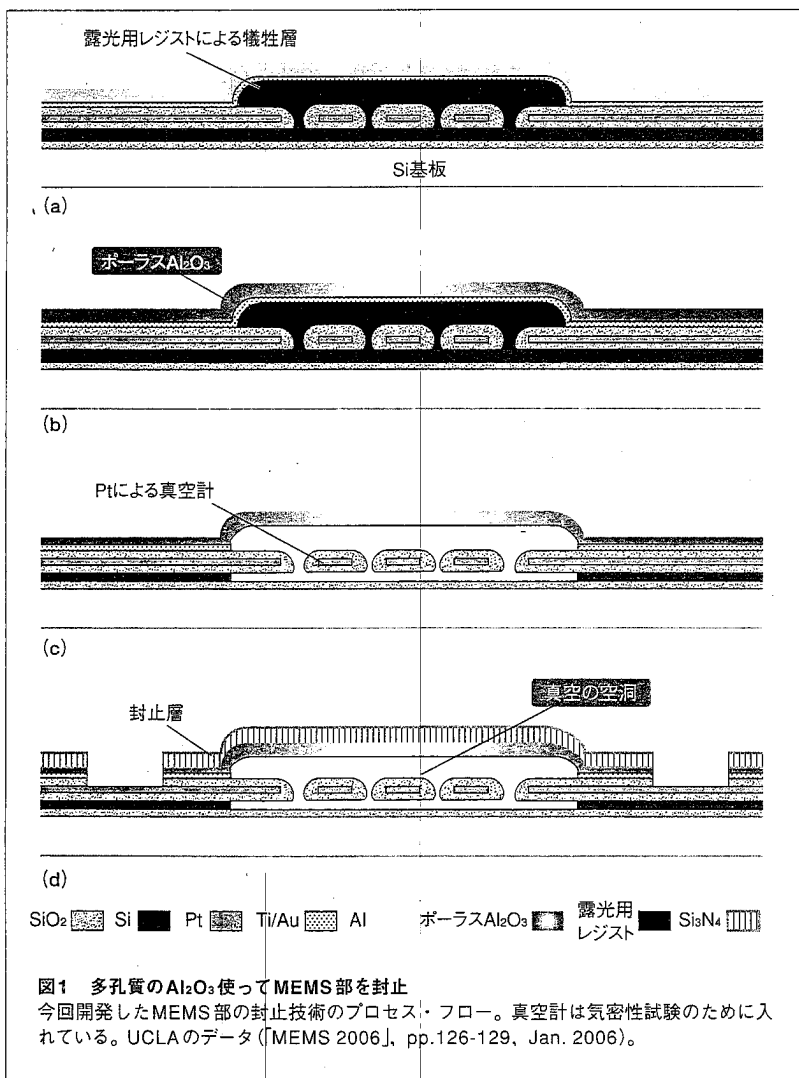
Micro Electro Mechanical Systems)」で注目を集めた。MEMSデバイス・メーカーの共通の課題であるパッケージ・コスト削減の新たな手法となる可能性が高いからである。

パッケージ・コストの削減は、民生機器にMEMSデバイスが普及するに伴い、ますます重要になっている。一般に既存のMEMSデバイスのパッケージ・コストは、デバイス製造コストの半分以上を占める。これは、可動部を含んだMEMS部を空洞にしたまま封止する必要があり、そのために特殊なパッケージが必要になるからである。特殊なパッケージとしては、チップとほぼ同じ寸法のSiチップの中央部分をくり抜いたSiキャップが代表的である。Siチップにふたをかぶせるように重ねて接合し、MEMS部を密閉する。このパッケージでは、Siキャップの製造と接合のプロセスがあるため、工程が複雑になって高コストになる。また、SiチップにSiキャップとの接合のためのスペースが必要となるため、チップ面積が大きくなってしまいう問題があった。

安価な汎用パッケージを利用可能に

今回、UCLAが開発した技術を使うと、半導体向けと同じ低コストの樹脂モールド・パッケージが使える。MEMS部を空洞にしたまま封止する(カプセル化する)工程をパッケージングではなく、半導体プロセスで実現するためである。半導体プロセスで密閉されたMEMS部は、その後のパッケージング工程で樹脂モールドをかぶせても可動部に影響を与えない。

これまでも半導体の前工程でMEMS部を密閉する手法は提案され、一部では実用化済み



となっている。ただし、樹脂または多結晶Siを使う方法が主流であり、課題が残っていた。樹脂を使う場合には大気圧に耐えられずMEMS部を真空にできない。多結晶Siを使うと1000℃を超える高温プロセスが必要で、CMOSプロセスに影響を与える。今回は、 Al_2O_3 を使うことでこれらの問題を解決した。大気圧に耐える機械的強度を持つため真空封止が可能で、プロセス温度は最大300℃と低温である。

真空封止は、特に共振器やこれを組み合わせた周波数フィルタなどのRFデバイスに有効である。共振器は、MEMS部を共振させるが、真空下では空気抵抗がない分、鋭い共振が得られる。Q値の高い高性能の共振器や周波数フィルタを実現できる。また、低温プロセスによって微細なCMOS回路を混載しやすくなる。

今回のプロセスは、MEMSの一般的なプロセスを組み合わせ実現する(図1、図2)。可動部を空洞にした状態で密閉するために、いったん可動部をフォト・レジストで覆い、その上に Al_2O_3 をかぶせて、後の工程でフォト・レジストのみを取り除く。フォト・レジストを除去するために、 Al_2O_3 は多孔質(ポーラス)に加工しておく。その穴から O_2 プラズマ・エッチングでフォト・レジストを取り除く。多孔質は、被覆性の良い Si_3N_4 をPECVD(plasma enhanced chemical-vapor deposition)で成膜してふさぐ。空洞内部は、フォト・レジストの除去から Si_3N_4 膜の形成までの工程を真空下で実施するため封止後も真空となる。

気密性と電気的特性に問題なし

今回、UCLAは空洞内部の気密性と、RFデバイスに適用した場合の電気的特性について試験結果を示した。真空状態は、真空計を実装した試作デバイスで確認した。実験開始から1カ月間を経ても気圧が変化することはなかった。ただし、製品レベルにあることを確認するための6カ月以上の長期試験、あるいは温度や湿度

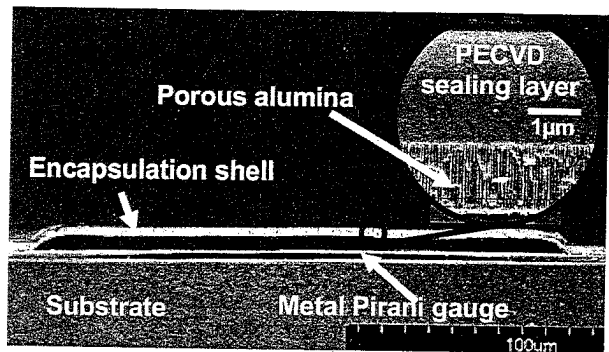
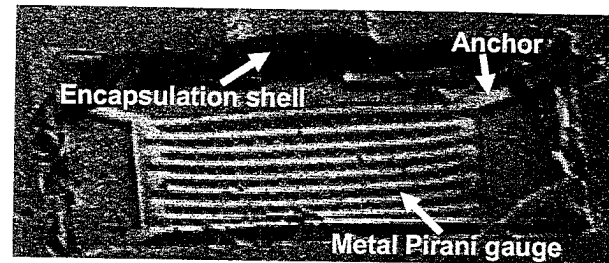


図2 封止部分の拡大写真

試作デバイスの封止部の拡大写真。上は封止部を取り除いた状態。下は断面。UCLAのデータ(『MEMS 2006』, pp.126-129, Jan. 2006)。

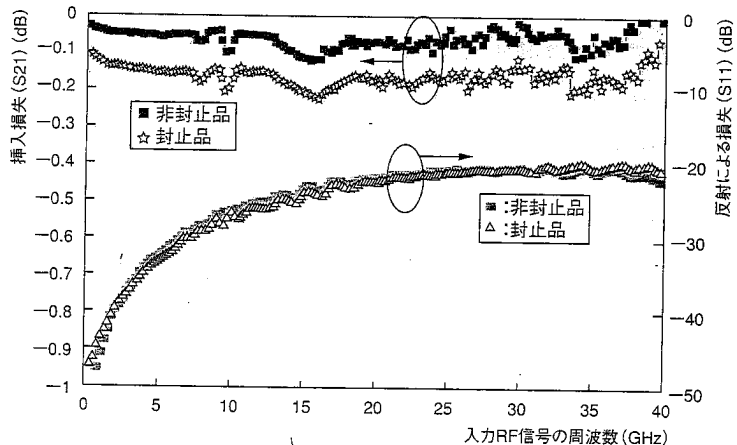


図3 封止による損失は小さい

RF信号が入力から出力に至るまでの損失(挿入損失)、入力の反射による損失(挿入損失)はほとんどなかった。UCLAのデータ(『MEMS 2006』, pp.126-129, Jan. 2006)。

を変化させての試験は実施していないという。

電気的特性に関しては、この封止による損失がほとんどないことを確認している(図3)。

(三宅 常之) ■