ポリマー上に高性能なトランジスタを作製

ポストシリコン材料のバックエンド集積化技術

前田 辰郎
まえだ たつろう
t-maeda@aist.go.jp

ナノエレクトロニクス研究部門
新材料・機能インテグレーション
グループ
主任研究員
（つくばセンター）

高性能化と高信頼性が厳しく求められるシリコンテクノロジーの世界に、新材料による機能高度化と新たな価値を創造すべく、LSI の新しいブレークスルー技術の開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

板谷 太郎、石井 裕之、Wipakorn Jevasuwan、安田 哲二（産総研）市川 磨、秦 雅彦（住友化学）

● 参考文献

T. Maeda *et al.*: *SSDM*, 852 (2012).

● 用語説明

＊ポリイミド：イミド (-CO-NR-CO-) 結合を含む高分子化合物の総称。非常に優れた耐熱性、電気絶縁性をもち、耐薬品性にも優れている。

● プレス発表

2012年9月25日「ポリマー上でシリコンの性能を超えるトランジスタを作製」

ポストシリコン材料への期待

シリコンよりも優れた移動度特性をもつ化合物半導体やゲルマニウムは、ポストシリコン材料と呼ばれ、世界各国で研究が進んでいます。ポストシリコン材料は、これまでのシリコン大規模集積回路（Si-LSI）の機能をすべて置き換えるものではないため、必要な性能をもったポストシリコンデバイスが、Si-LSI上の必要なところに搭載され、機能を発揮することが期待されます。そのため、Si-LSIを作製した基板上に高品質なポストシリコン材料を転写後、デバイス作製と配線を行うバックエンド集積化という新しい技術が求められてきました。

ポリマーで半導体を接合

バックエンド集積化とは、トランジスタなどの素子間を配線する工程（バックエンドプロセス）で機能デバイスを形成して下部にあるSi-LSIと接合することで、Si-LSI機能に新たな機能を加えることです。デバイス作製時の温度が1,000 ℃を超えるシリコン材料と比較すると、ポストシリコン材料のそれは400 ℃以下と低いため、最高でも500 ℃程度の低温プロセスを求められるバックエンドプロセスでのデバイス作製に適していることがわかっています。また、プロセス温度の低温化により、今まで無機系材料が中心であった半導体デバイスプロセスに、安価で機能性に富むポリマー材料の導入も可能です。今回、極薄（300 nm以下）のポストシリコン材料を、接着性ポリイミド*を使ってシリコン上に転写し、400 ℃以下の温度でトランジスタを作製しました（図1）。

図2に、開発したバックエンド集積化型高性能トランジスタの作製方法を示します。今回、ポストシリコン材料の貼り合わせのために、450 ℃以上の耐熱性と高い接着性を併せもつポリイミドを新たに開発しました。ポリイミドは、接合剤として極めて安価で扱いやすい点が大きなメリットです。

作製したトランジスタの特性を調べたところ、ポリイミド上での移動度が最高で1,000 cm^2/Vsを超えており、シリコンの移動度の約2倍近い値を示すことがわかりました。極薄半導体活性層にポリイミドを直接接合させ、シリコンの性能を上回るトランジスタの作製と動作実証をしたのは世界で初めてです。

今後の予定

今後はさらなるポストシリコン材料のバックエンド集積技術の高度化に向けて、ポストシリコン材料を必要な場所に必要な大きさで供給し、高性能・多機能デバイスを実現するための技術開発を進める予定です。

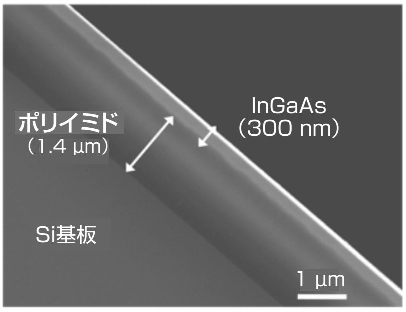

図1　ポリイミド上のInGaAs層の断面電子顕微鏡像

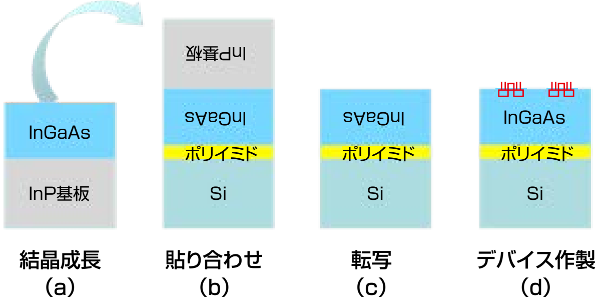

図2　ポリマー上のトランジスタ作製方法