

【助成 40-32】

Si-CdTe 一体型3次元半導体放射線イメージセンサの開発

研究者 宮崎大学工学部 准教授 武田 彩希

〔研究の概要〕

本研究は、Si センサ・CdTe センサー一体型の3次元半導体放射線イメージセンサを実現するための技術開発を目的とした。これまで研究開発してきた Si センサ・CMOS 回路一体型の「SOI-CMOS イメージセンサ」に対し、CdTe センサをマイクロバンプで接合する。SOI-CMOS イメージセンサは、既に自身で設計し、製造まで完了している。本研究では、主な開発項目として、マイクロバンプによる接合を進めた。最終的に、サイズが5 μm ϕ の金コーン型マイクロバンプで接合を実施し、実機を製造した。

〔研究経過および成果〕

X線天文学は、アメリカ、ヨーロッパと並び日本が世界を牽引する分野のひとつである。次世代の宇宙X線観測では、0.5-100 keV の広帯域な撮像分光が要求される。現在X線天文衛星の主力である Si センサは、高い撮像分光能力をもつが、現実的なエネルギー帯域は0.5-20 keV であり十分ではない。そこで、100 keV 程度までのエネルギー帯域がある CdTe センサを Si センサの後段に配置（スタック）することで、広帯域な撮像分光を実現する。しかし、この形式では Si センサ・CdTe センサを独立した基板に配置することになり、センサ間は最小4 mm の隙間ができる。このため焦点深度との兼ね合いで両者に対し同時に焦点を合わせられない。つまり、ピンボケした画像となる。また、Si センサ・CdTe センサは互いに独立するためシステムとして複雑になり、排熱や機械環境の成立性を難しくする。これらの課題を解決する方策として、Si センサ・CdTe センサを一体化した半導体イメージセンサが考えられる。一体化させることで焦点深度の制限が無くなり、システムとして単純化・小型化することができる。

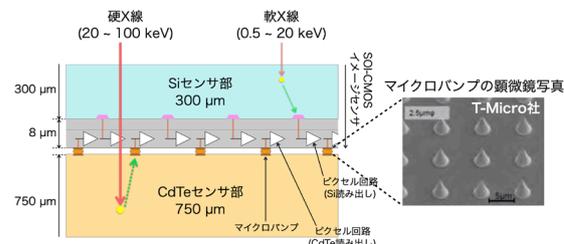


図1. Si-CdTe 一体型3次元放射線イメージセンサの模式図。センサ間にSOI-CMOS回路が存在する。

図1は、本研究で開発する Si-CdTe 一体型3次元放射線イメージセンサの模式図である。軟X線(0.5-20 keV)のエネルギー帯域は Si センサ部、硬X線(20-100 keV)のエネルギー帯域は CdTe センサ部で主に検出する。Si センサ部は、CMOS 回路が一体化した SOI-CMOS イメージセンサにより構成する。CdTe センサ部は、アクロラド社で製造された結晶により構成する。CdTe センサ用の読み出し回路は SOI-CMOS イメージセンサ内へ組み込むことで一体化した構造を実現させる。回路が同一層内に存在するため、親和性の高いシステムとなる。互いは、T-Micro 社のマイクロバンプで接合する。図2は、本研究のため自身で設計した SOI-CMOS イメージセンサである。36 μm 角の Si センサ用の画素2 \times 2を1ユニットにし、その中に CdTe センサ用の読み出し回路を組み込んだ。

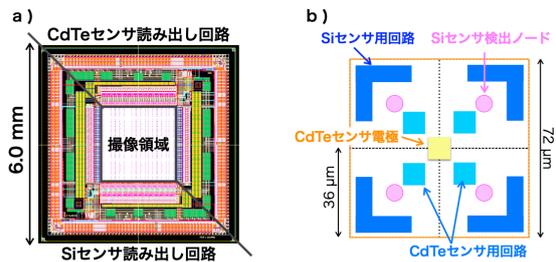


図2. a) 設計した SOI-CMOS イメージセンサのチップレイアウト。b) 設計した SOI-CMOS イメージセンサの画素構成。Si センサ用回路 2×2 画素が 1 ユニット。

SOI-CMOS イメージセンサと CdTe センサを安定的に接合する技術として、T-Micros 社による金コーン型マイクロバンプ接合を検討した。これは、最小 2.5 μm φ という微小なサイズでバンプ接合が可能な技術である。本研究で設計した SOI-CMOS イメージセンサ

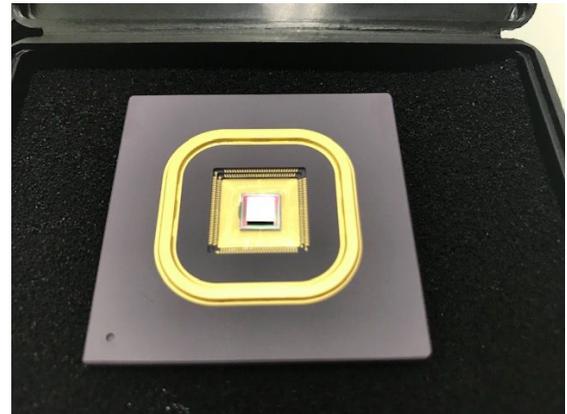


図5. セラミックパッケージに実装後の完成した実機。

には、画素部・周辺回路部に CdTe センサと接続するための電極を配置している。マイクロバンプは、電極毎に 4 個ずつ配置することにした。電極のサイズは 14 μm 角、マイクロバンプのサイズは 5 μm φ とした。図 3 は、実機の顕微鏡写真である。画素アレイ領域と周辺回路領域の境界付近であり、画素の中央にマイクロバンプを配置する電極、その中に 4 個のマイクロバンプを製造できていることが確認できる。点線が画素の境界を示す。また、図 4 は、さらに拡大した顕微鏡写真である。マイクロバンプがより鮮明に確認できる。

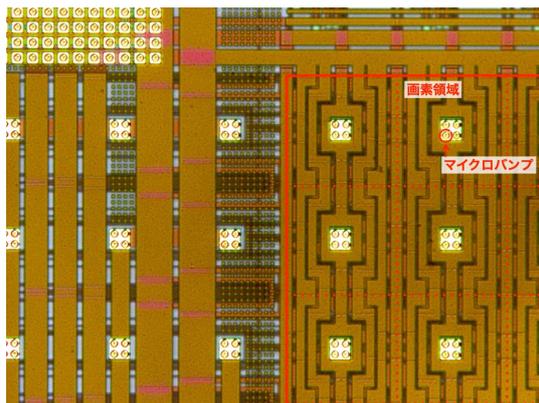


図3. 画素アレイ領域と周辺回路領域の境界付近の顕微鏡写真。画素の中央にマイクロバンプを配置する電極があり、各電極に 4 個のマイクロバンプを製造している。

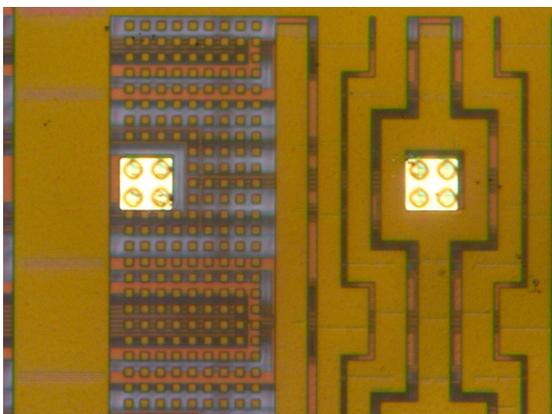


図4. 画素アレイ領域と周辺回路領域の境界付近の拡大写真。

マイクロバンプで接合した実機は、セラミックパッケージに実装した。図 5 は、実装後の完成した実機の写真である。本研究を経て、Si センサ・CdTe センサー一体型の 3 次元半導体放射線イメージセンサを実現するための技術開発を進めることができた。今後は、評価系システムを準備し、実機の性能評価を進めていく。評価結果は、論文にまとめていく予定である。最後に、本研究を進めることができたこと、本助成金に心より感謝申し上げます。

[発表論文]

該当なし