

領域番号	2508	領域略称名	量子イメージング
研究領域名	3次元半導体検出器で切り拓く新たな量子イメージングの展開		
研究期間	平成25年度～平成29年度		
領域代表者名 (所属等)	新井 康夫（大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授）		
領域代表者 からの報告	<p>(1) 研究領域の目的及び意義</p> <p>X線・赤外線・荷電粒子線等の量子線を用いた測定では、量子それぞれを可視化する事が重要である。超微細画素の半導体センサによりこれら量子線データを高速・大量に取得し、画像として再構成を行うと、予期せぬ構造の発見や知見を得る事が可能となる。</p> <p>例えば、個々の量子の検出を行い、そのエネルギーと到来数を精密計数することで、ダイナミックレンジ10桁以上の高コントラスト画像を得ることが可能である。さらに、到来時刻、波長、偏光特性、荷電粒子の種別と運動エネルギーなど、量子それぞれが持つ物理量の同時計測も原理的に可能である。これらの実現は、量子イメージングの究極の目標であるが、既存の計測デバイスの性能や機能は、これらの要求からは程遠く、素核・宇宙・物質・生命科学に飛躍的進展をもたらす量子イメージングデバイスが求められている。</p> <p>高エネルギー加速器研究機構（KEK）では、二種類のシリコン層を絶縁層を介して張り合わせたシリコン基板技術 Silicon-On-Insulator (SOI)を用い、高感度センサと集積回路とをピクセル内で3次元的に一体化させた放射線イメージング検出器の開発に成功している。SOI検出器は、センサと回路が一体として半導体微細加工技術で製造され、裏面照射により理想的な量子効率を実現できる。また2つの活性層のいずれにも能動素子を形成することができ、単一量子の検出と量子エネルギー計測を同時に行うデバイスなど、従来型デバイスでは実現できない理想的な新機能を実現できる将来性を持つ。</p> <p>本領域研究によって、新たなデバイスの創出と、革新的な計測手法を実現する新しい融合研究領域をつくり、ひいては新しい科学的発見を加速する事を目的としている。</p> <p>(2) 研究成果の概要</p> <p>Silicon-on-Insulator(SOI)技術を利用し、下部のハンドルウエハ部を X 線、赤外線、電子、イオン等の各種量子に対するセンサとし、上部のトランジスタ回路部と一体化させることで、高機能な各種量子イメージング検出器を開発した。さらに Si 層を増やした Double SOI 技術も開発し、100 kGy(Si)まで放射線耐性を向上させ、回路の安定化も図ることが出来た。</p> <p>高エネルギー粒子測定用の検出器では、世界で初めて1μm を切る位置分解能を実現し、将来の International Linear Collider(ILC)計画の時間・位置を多重に同時計測する検出器実現に目処をつけた。</p> <p>X線衛星搭載用検出器 XRPIX では、X線の到来と同時にトリガー信号を外部に出すことにより、X線とバックグラウンドの宇宙線との区別を行う事ができるようになった。また同時に位置情報も出すことにより、X線が入射した近傍の画素情報のみを読み出せば良くなり、読み出し時間を大幅に短縮できた。センサ構造や回路の工夫により、ノイズレベルを8電子まで削減し、216 eV@6.4 keV のエネルギー分解能を</p>		

	<p>達成したことにより、次期 X 線衛星 FORCE 用検出器の有力候補になった。</p> <p>センサ部の構造としては、新たに Pinned Depleted Diode (PDD)構造を考案し、リーク電流を低減させ、また電荷収集効率を高める事が出来た。また X 線自由電子レーザー実験に利用して、超高速にナノ構造を解析することを可能にする高ダイナミックレンジ 380 万画素 X 線カメラの開発も行い、世界最高レベルの 185M 電子/100 μm^2 のダイナミックレンジを達成した。</p> <p>さらには、超低消費電力回路のための Super Steep Transistor も考案された。</p> <p>新たなサイエンスを切り拓く為、様々な分野の研究者が集い、若手研究者と共に新奇検出器の開発を行った本新学術領域研究の成果は、今後時とともに大きく育っていくものと期待される。</p>
--	---

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの成果があった)</p>
	<p>本研究領域は、研究領域の設定目標に沿って、宇宙・素粒子・物質・生命科学等のそれぞれの分野で応用展開が期待される半導体検出素子において、3次元構造による高性能化に取り組み、要求性能がそれぞれ異なる応用に対しても、SOI 検出器の性能を格段に向上させることに成功するなど注目に値する研究成果が上がった。具体的には、従来の SOI 構造を 2重 SOI 構造化することにより、放射性耐性の向上とクロストークの低減が図られ、Pinned Depleted Diode と称する新規センサー構造によるリーク電流の低減などに成功している。この学術分野の人材育成として、SOI 検出器設計講習会を開催し、多くの若手人材に技術・知識習得を行うとともに、若手研究者の提案によるチップ試作なども行っており、学術分野形成への積極的な取組は評価に値する。</p> <p>また、これら開発された検出器は、宇宙観測、X 線レーザー、加速器実験など高性能 X 線検出器として応用展開され、特に SOPHIAS 検出器を用いたカメラシステムは、実用化にまで至っている。一部、生命分野等への応用展開には、まだ十分に至っていない部分も見られるが、今後、この検出器を使った各分野への寄与は十分期待できる。</p> <p>このように、新学術領域の形成に至る重要な進展があったという点で、期待どおりの成果があったと評価する。</p>