

平成25年度(基盤研究(S))研究概要(採択時)

【基盤研究(S)】

理工系(工学)



研究課題名 ラテラル電界制御電荷変調素子による超高時間分解撮像デバイスと応用開発

静岡大学・電子工学研究所・教授 かわひと しょうじ
川人 祥二

研究分野: 工学、電気電子工学、電子デバイス・電子機器

キーワード: 電子デバイス・機器、先端機能デバイス、撮像デバイス、時間分解撮像

【研究の背景・目的】

本研究では、1分子蛍光等の極微弱光に対するサブピコ秒の時間分解能での検出と、その超並列的検出(高い空間分解能)を両立する超高時間分解撮像デバイスとその応用に関して研究を行う。これを実現する新概念の超高速電荷変調素子であるラテラル電界制御電荷変調素子 LEFM(Lateral Electric Field controlled charge Modulator)の考案に基づき、本素子を用いたピクセルによる超高時間分解撮像デバイスが、他に類を見ない本質的に優れた時間分解性能を有すること、またバイオ・メディカルイメージングや産業応用において、従来の点計測走査型から、面計測並列型へと時間分解撮像に革命的進展をもたらすデバイスとなることを試作と応用計測によって実証する。これにより、生命科学、先端医療・医学の発展、イメージング関連産業の振興に貢献することを目的とする。

【研究の方法】

ラテラル電界制御電荷変調素子 LEFM (図1)は、電荷輸送路の電界制御を、その側面に設けた複数のゲートによる横方向電界により行い、高速電子輸送制御を行う素子である。1タップ型、2タップ型を基本として、3タップ以上のマルチタップ型が実現可能である。LEFMの形成条件の確立、構造最適化を図り、基本素子としてサブピコ秒の時間分解能が達成可能であることを実験的に示すための基本素子群と少数画素による2次元アレイの設計と試作を行う。

基本素子試作の結果を踏まえて、本素子(2タップ型 LEFM)を応用した蛍光寿命イメージングデバイスを開発し、自家蛍光を用いた癌等の病巣の検出法としての有効性を実証する。また、これに必要な低ノイズ・高ダイナミックレンジ撮像技術であるマルチサンプリング A/D 変換回路の高精度化を図り、応用する。

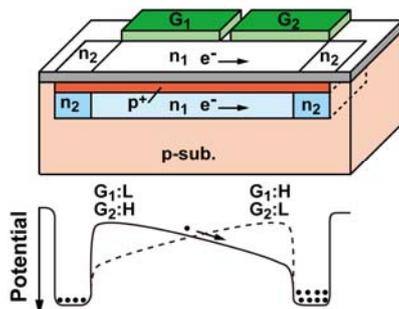


図1 ラテラル電界制御電荷変調素子

LEFM素子は、多くのバイオ・メディカル光計測、産業計測を革新する技術になると考え、中期以降、積極的な応用展開を図る。特にマルチタップ LEFM素子を用いた蛍光相関分光(細胞内分子の動態解析に有用)の超並列計測(100×100点以上)を可能にする蛍光相関イメージセンサや、サブミリメートル分解能の光飛行時間型距離画像センサ等、従来実現困難であった時間分解撮像デバイスを開発し、その有用性を明らかにする。

【期待される成果と意義】

ラテラル電界制御電荷変調は、日本オリジナルの新しい撮像デバイス原理であり、これを用いた時間分解撮像は、今後のバイオ・メディカル光計測、産業計測のキーテクノロジーとなりうるものである。本研究を通してその技術の体系化の基礎が築かれることは、学術的に極めて大きな意義がある。また本研究は、従来の点計測走査型から面計測並列型へと時間分解撮像の真のパラダイムシフトをもたらすものである。これによって微小プローブ型の病理診断装置が実現され、in vivoでの腫瘍の検出機能の実現等、医学・医療機器を革新し、医療機器産業の発展にも寄与しうるものである。さらに、本研究による高時間分解撮像デバイスは、蛍光寿命、蛍光相関分光、ラマン分光、近赤外分光(NIRS)、光飛行時間3D計測等、広範な応用が期待され、その成果が光計測にもたらすインパクト・波及効果は計り知れない。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Z. Li, S. Kawahito et al., "A time-resolved CMOS image sensor with draining-only modulation pixels for fluorescence lifetime imaging," IEEE Trans. Electron Devices, **59**(10), pp. 2715-2722, 2012.
- S. Kawahito et al., "CMOS Lock-in Pixel Image Sensors with Lateral Electric Field Control for Time-Resolved Imaging," Proc. Int. Image Sensor Workshop, pp. 361-364, Snowbird, 2013.

【研究期間と研究経費】

平成25年度-29年度
151,100千円

【ホームページ等】

<http://www.idl.rie.shizuoka.ac.jp/>
kawahito@idl.rie.shizuoka.ac.jp