

【基盤研究(S)】

大区分C



研究課題名 超高速ハイブリッドカスケード光電荷変調による 極限時間分解撮像デバイスと応用開拓

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

研究課題番号：18H05240 研究者番号：40204763

キーワード：光電荷変調素子、高時間分解撮像、バイオメディカルイメージング、先端光計測

【研究の背景・目的】

極微弱可視光、近赤外光、高背景光下の微弱光等を検出対象とし、100 フェムト秒にも迫る極限的時間分解能を有する超高速時間分解撮像デバイスとその応用に関して研究を行う。提案する新概念の超高速光電荷変調素子であるハイブリッドカスケード光電荷変調素子(HyCAM: hybrid cascade photo-charge modulator)によって、可視から近赤外光までの極微弱光に対して極限的な高時間分解能を有する撮像デバイスが実現され、他に類を見ない本質的に優れた性能、機能性を有す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、先端医療の発展、先端科学計測等の発展に寄与することを目的とする。

【研究の方法】

ハイブリッドカスケード光電荷変調素子 HyCAM (図 1) は、埋込フォトダイオードの p+領域を電極化し、これによる垂直電界制御と先に提案した LEFM による横方向電界制御からなるカスケード電界制御により、光電子の走行チャネルの電位分布変調を行い、大受光面に対して高速かつ戻り電荷の発生しない光電子輸送制御を行う素子である。大受光面のマルチタップ型光電荷変調素子に適し、多窓時間分解による極限的な時間分解能を実現する上で優れた構造である。

HyCAM の形成条件の確立、構造最適化、特にマルチタップ型高速光電荷変調素子構造について、極めて高い時間分解能、検出感度、低ノイズ特性を有す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 次元レイの設計と試作を行う。p+電極間にホー

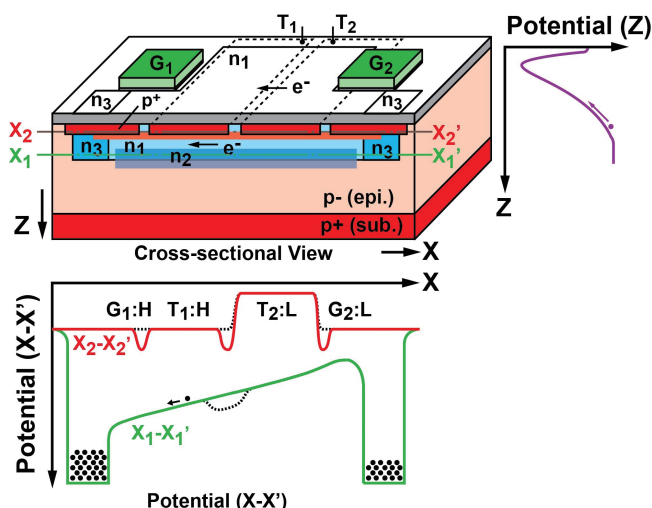


図 1 ハイブリッドカスケード光電荷変調素子。

ル電流を流さないための電位障壁の形成(X_2-X_2')と、電位ディップのない光電子高速走行チャネルの形成(X_1-X_1')の両立が重要である。基本素子試作の結果を踏まえて、その応用計測に適した仕様と機能による時間分解撮像デバイスを開発し、各種の応用計測に適用し、その有用性を明らかにする。特に、癌検出内視鏡を目指した自家蛍光の蛍光寿命イメージング、時間・空間分解法により、定量性を高めた血液動態(脳活動)近赤外分光イメージング、誘導ラマン散乱分光計測による無染色バイオイメージング、サブ 100 μm の超高分解能、高背景光下での高分解能光飛行時間 3 次元画像計測等に応用し、光応用計測分野に新しい価値をもたらす可能性を検証する。

【期待される成果と意義】

ハイブリッドカスケード光電荷変調は、日本発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デバイスは、従来の時間・空間走査型から時間並列・空間並列型へと時間分解撮像のパラダイムシフトをもたらすものである。

微小な半導体素子としての特徴も含めて、医学・医療機器を革新し、先端科学計測の発展と新しい産業計測手段の提供をもたらすキーテクノロジーとなり得るもので、本研究を通してその技術の基礎が確立され、その体系化がなされることは、学術的に極めて大きな意義がある。未知の応用分野の開拓も含めて、その成果が光応用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】

- M.-W. Seo, Y. Shirakawa, Y. Kawata, K. Kagawa, K. Yasutomi, S. Kawahito, "A time-resolved four-tap lock-in pixel CMOS image sensor for real-time fluorescence lifetime imaging microscopy", IEEE J. Solid-State Circuits, vol.53, pp.1-12, 2018.
- D. X. Lioe, K. Mars, S. Kawahito, M. Hashimoto, "A stimulated Raman scattering CMOS pixel using a high-speed charge modulator and lock-in amplifier," Sensors, vol. 16, pp.532-547, 2016.

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度 - 平成 34 年度
147,600 千円

【ホームページ等】

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