(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2011-518442
(P2011-518442A)
(43)公表日　平成23年6月23日(2011.6.23)

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード（参考）
H01L 31/0248 (2006.01)	H01L 31/08	H	5F088

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 22 頁）

(21)出願番号	特願2011-505249 (P2011-505249)
(86)(22)出願日	平成21年4月17日 (2009.4.17)
(85)翻訳文提出日	平成22年12月15日 (2010.12.15)
(86)国際出願番号	PCT/US2009/041046
(87)国際公開番号	WO2009/129512
(87)国際公開日	平成21年10月22日 (2009.10.22)
(31)優先権主張番号	61/045,924
(32)優先日	平成20年4月17日 (2008.4.17)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(71)出願人　507410009
ローレンス　リヴァーモア　ナショナル　セキュリティ，エルエルシー
アメリカ合衆国，カリフォルニア州　９４５５１－９２３４，リヴァーモア，イースト・アヴェニュー　７０００，エル－７０３
(74)代理人　100105924
弁理士　森下　賢樹
(72)発明者　ハリス，ジョン，アール．
アメリカ合衆国，９５３６３　カリフォルニア州，パッターソン，カーリー　クリーク　ドライブ　１４３６

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光伝導ワイドバンドギャップ半導体を可変抵抗器として用いた電気信号変調システムおよび方法

(57)【要約】
変調電気信号を生成するシステムおよび方法である。このシステムは、入射放射線の振幅の変化に対する伝導度応答がその非飽和領域にわたって実質的に線形であり、非アバランシェモードでの動作が可能な光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質を有する可変抵抗器を用いている。このシステムはまた、振幅変調放射線を生成して、それを前記可変抵抗器に導き、その伝導度応答を変化させる変調レーザなどの変調放射線源を含む。電源および出力ポートは、電気信号が可変抵抗器を通って出力ポートで生成されるよう、両者が可変抵抗器に動作可能に接続されている。電気信号は、可変抵抗器のアクチベーションまたは可変抵抗器の伝搬により生成される。このようにして、電気信号は、振幅変調放射線に実質的に類似した波形を有するよう可変抵抗器により変調される。
【選択図】図１

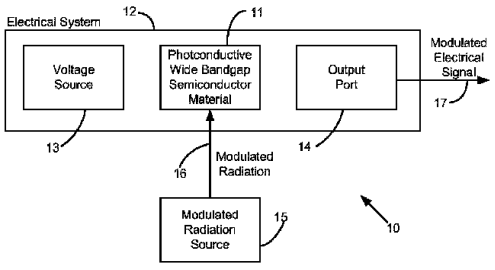


Figure 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
変調電気信号を生成するためのシステムであって、
入射放射線の振幅の変化に対する伝導度応答がその非飽和領域にわたって実質的に線形であり、非アバランシェモードでの動作が可能な光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質を備える可変抵抗器と、
前記可変抵抗器に導いてその伝導度応答を変化させるための振幅変調放射線を生成する変調放射線源と、
電源および出力ポートと、を備え、前記電源および前記出力ポートの両者が前記可変抵抗器に動作可能に接続されており、前記可変抵抗器によって前記出力ポートで生成された電気信号が、前記振幅変調放射線に実質的に類似した波形を有するよう前記可変抵抗器により変調されることを特徴とするシステム。
【請求項２】
前記変調放射線源により生成された前記振幅変調放射線は、その非飽和領域内において前記可変抵抗器の伝導度応答を変化させることを特徴とする請求項１に記載のシステム。
【請求項３】
前記変調放射線源は、変調電磁放射線源および変調粒子放射線源で構成されるグループから選択された一つの種類であることを特徴とする請求項１に記載のシステム。
【請求項４】
前記変調電磁放射線源は、前記可変抵抗器に伝導度応答を生成可能な光ビームを生成するための光源と、前記光ビームを強度変調するための光変調器とを備える変調光源であることを特徴とする請求項３に記載のシステム。
【請求項５】
前記変調電磁放射線源は、カソードと、アノード変換ターゲットと、前記カソードでの電子の生成を調節するためのグリッド電極とを備える変調Ｘ線源であり、該電子を前記アノード変換ターゲットに導いて強度変調されたＸ線を生成し、それを前記可変抵抗器に導いてそこで伝導度応答を変化させることを特徴とする請求項３に記載のシステム。
【請求項６】
前記変調粒子放射線源は、放射線源と、放射性粒子を変調するための粒子変調器とを備え、前記放射性粒子を前記可変抵抗器に導いてそこで伝導度応答を変化させることを特徴とする請求項３に記載のシステム。
【請求項７】
前記変調粒子放射線源は、カソードと、前記カソードでの電子の生成を調節するためのグリッド電極とを備える変調電子源であり、該電子を前記可変抵抗器に導いてそこで伝導度応答を変化させることを特徴とする請求項３に記載のシステム。
【請求項８】
前記変調粒子放射線源は、先端と、該先端からの粒子の抽出を調節するための粒子変調器とを有する粒子放射線源を備えることを特徴とする請求項３に記載のシステム。
【請求項９】
前記電源、前記可変抵抗器、および前記出力ポートは、動作可能に接続されており、前記可変抵抗器の伝導度応答を前記振幅変調放射線で変化させることにより、前記出力ポートにおいて変調電気信号が生成されることを特徴とする請求項１に記載のシステム。
【請求項１０】
前記可変抵抗器に直列に接続された負荷をさらに備え、前記出力ポートが前記負荷と前記可変抵抗器の一方にわたって電気的に接続されていることを特徴とする請求項９に記載のシステム。
【請求項１１】
前記負荷と前記可変抵抗器の他方にわたって電気的に接続された第２出力ポートをさらに備えることを特徴とする請求項１０に記載のシステム。
【請求項１２】

関連した電圧V_aを有するアノードと、関連した電圧V_cを有するカソードと、関連した電圧V_gを有するグリッド電極とを備える三極管をさらに備え、前記出力ポートが前記アノード、前記カソード、および前記グリッド電極の一つに接続されており、電圧V_a，V_c，V_gのうち対応する一つが変調されることを特徴とする請求項９に記載のシステム。

【請求項１３】

前記電源に接続され且つ電気電源によりプリチャージされる第１の導体と、前記第１の導体と平行且つ接地電位の第２の導体とを有するパルス形成ラインをさらに備え、前記出力ポートが前記第１および第２の導体の隣接した出力端を備え、前記可変抵抗器が前記出力端から離れた位置で前記第１および第２の導体をつないでいることを特徴とする請求項９に記載のシステム。

【請求項１４】

前記パルス形成ラインは、前記第１の導体と平行且つ前記第２の導体と向かい合った第３の導体を有し、前記第３の導体は、前記第１の導体の出力端に隣接した出力端を有するとともに、前記出力端から離れた位置において前記第２の導体に電気的に接続されていることを特徴とする請求項１３に記載のシステム。

【請求項１５】

前記パルス形成ラインと積層配置された少なくとも１つの追加的なパルス形成ラインをさらに備え、各出力ポートで生成された変調電気信号がアディティブ（additive）であることを特徴とする請求項１４に記載のシステム。

【請求項１６】

前記電源はパルス発生器であり、

前記パルス発生器に接続された入力端と、前記出力ポートを備える出力端と、前記入力端と前記出力端との間に位置する前記可変抵抗器を備えるインラインの光伝導度変調部とを有する伝送線路をさらに備え、前記光伝導度変調部を介して前記入力端から前記出力端に入射電圧パルスが伝搬され、前記可変抵抗器の伝導度応答を前記振幅変調放射線で変化させることにより、前記振幅変調放射線の波形が前記入射電圧パルスの送信部分および反射部分に印加されることを特徴とする請求項１に記載のシステム。

【請求項１７】

前記伝送線路の前記光伝導度変調部は、非活性化のとき、入射電圧パルスが反射なしで通過するように前記伝送線路の隣接部分と整合したインピーダンスを有することを特徴とする請求項１６に記載のシステム。

【請求項１８】

前記伝送線路は、別の可変抵抗器を備える少なくとも１つの追加的なインラインの光伝導度変調部を含み、前記変調放射線源が前記振幅変調放射線を全ての光伝導度変調部に導くことを特徴とする請求項１６に記載のシステム。

【請求項１９】

前記伝送線路は、別の可変抵抗器を備える少なくとも１つの追加的なインラインの光伝導度変調部を含み、

振幅変調放射線を他の変調放射線源とは独立に生成して追加的な光伝導度変調部に導くための少なくとも１つの追加的な変調放射線源をさらに備えることを特徴とする請求項１６に記載のシステム。

【請求項２０】

前記入射電圧パルスの反射部分を放射するために前記伝送線路の入力端に第２出力ポートをさらに備えることを特徴とする請求項１６に記載のシステム。

【請求項２１】

少なくとも１つの追加的な可変抵抗器および関連する出力ポートと、

各出力ポートで変調電気信号の位相を制御するために、各可変抵抗に導かれた対応する振幅変調放射線の位相を制御する位相制御器と、

をさらに備えることを特徴とする請求項１に記載のシステム。

【請求項２２】
前記変調電気信号を送信するために、前記出力ポートに接続された送信装置をさらに備えることを特徴とする請求項１に記載のシステム。
【請求項２３】
前記送信装置がアンテナであることを特徴とする請求項２２に記載のシステム。
【請求項２４】
前記変調放射線源は、マイクロ波振動数で振幅変調放射線を生成し、マイクロ波信号が前記アンテナを介して送信されることを特徴とする請求項２３に記載のシステム。
【請求項２５】
荷電粒子を受信する入力端を有する真空誘電体壁ビーム管をさらに備え、前記出力ポートが前記ビーム管に沿って接続されており、前記ビーム管に存在する荷電粒子は、変調荷電粒子ビームを生成するために、前記出力ポートにおいて前記変調電気信号に対応するエネルギー変調を受けることを特徴とする請求項１に記載のシステム。
【請求項２６】
変調電気信号を生成するための方法であって、
電源と、出力ポートと、前記電源および前記前記出力ポートに動作可能に接続された可変抵抗器とを設けるステップであって、前記可変抵抗器によって前記出力ポートにて電気信号が生成され、前記可変抵抗器は、入射放射線の振幅の変化に対する伝導度応答がその非飽和領域にわたって実質的に線形であり、それにより非アバランシェモードで動作可能な光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質を備えるステップと、
変調放射線源により生成された振幅変調放射線を前記可変抵抗器に導いて、前記可変抵抗器の伝導度応答を変化させるステップであって、前記出力ポートで生成された電気信号が、前記振幅変調放射線に実質的に類似した波形を有するよう前記可変抵抗器により変調されるステップと、
を備えることを特徴とする方法。
【請求項２７】
入射放射線の振幅の変化に対する伝導度応答がその非飽和領域にわたって実質的に線形であり、それにより非アバランシェモードで可変抵抗器として動作可能な光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質（ＰＷＢＳＭ）と、
前記ＰＢＷＳＭに導くための振幅変調放射線を生成する変調放射線源であって、前記ＰＢＷＳＭにおいて前記振幅変調放射線により誘発された伝導度応答が前記振幅変調放射線に実質的に類似した波形を有する変調放射線源と、
を備えることを特徴とする光伝導度変調可変抵抗装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（仮出願による優先権主張）
本出願は、２００９年４月１７日に出願され、ハリス，ジョン，アールらにより「放射線変調光伝導装置およびシステム」と題名をつけられた米国仮出願６１／０４５，９２４号の利益を主張するものであり、参照により本明細書に援用される。
【０００２】
（連邦政府による資金提供を受けた研究開発の記載）
アメリカ合衆国エネルギー省とローレンス・リバモア国立研究所を運営するローレンス・リバモア・ナショナル・セキュリティＬＬＣとの契約番号ＤＥ－ＡＣ５２－０７ＮＡ２７３４４番に従って、本発明の権利はアメリカ合衆国政府が有する。
【０００３】
（発明の分野）
本発明は、固体スイッチとして一般的に用いられる光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質に関し、特に、非アバランシェモードで動作する可変抵抗器としての光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質の使用に関する。これは、例えばマイクロ波伝送や荷電粒子ビー

ムの変調などの高周波変調アプリケーションで用いる変調電気信号を生成するために用いられる。

【背景技術】

【０００４】

ワイドバンドギャップ半導体は、高い降伏電圧を有する物質であり、それ故に、大きな電界を伴う高温・高出力のスイッチングアプリケーション用の固体スイッチとしてよく用いられる。バンドギャップ幅が「ワイド」であると考えられる正確な閾値はアプリケーションに依存するが、ワイドバンドギャップ半導体は一般的に約１．６又は１．７ｅＶよりも大きいバンドギャップを有するものであると考えられている。さらに、このようなワイドバンドギャップ物質は光伝導性であることが知られている。すなわち、光の照射に応じて電気伝導率が増加するという特徴をもっている。ワイドバンドギャップ物質の例としては、炭化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、窒化ホウ素、およびダイヤモンドがある。特に、窒化ガリウムおよび炭化ケイ素は、スイッチングアプリケーションに適切な丈夫な物質としてよく知られている。

【０００５】

このような光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質（以下、「ＰＷＢＳＭ」）を光伝導固体スイッチ（ＰＣＳ）として採用した様々なパルス電力アプリケーションが知られている。ＰＣＳの代表的な物質はＳｉやＧａＡｓであるが、光電流容量が限られているので、使用可能なエネルギーレベルを発生させるためにはアバランシェモードやいわゆる高ゲインモードでの動作を必要とする。アバランシェモードの動作では、デバイスは双安定（すなわち「オフ」又は「オン」のいずれか）であり、光学的に「オン」にされ、電流が停止するまで「オンに固定（locked-on）」される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

パルス電力を用いたアプリケーションの一例は高出力マイクロ波の生成であり、光伝導性物質が光伝導性固体スイッチとしても用いられる。しかしながら、それらはアバランシェモードで動作するので、広帯域で低い放射エネルギーを生成し、リアルタイムな適応ができず、通信障害（communication fratricide）を引き起こす可能性がある。効率的なエネルギー放射は主にパルス遷移の間に生じるので、スペクトルエネルギー含量は低い。伝統的に、高出力マイクロ波源はクライストロンなどの真空電子装置であることに注目すべきである。代わりのアプローチは、非線形伝送線路を含む。これらの技術は両方とも特有の問題を有している。真空電子装置は大きくて高価であり、一方、非線形伝送線路は入手困難で特徴のあまりない特殊な物質に依存している。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明のある態様は、変調電気信号を生成するためのシステムを含む。このシステムは、入射放射線の振幅の変化に対する伝導度応答がその非飽和領域にわたって実質的に線形であり、非アバランシェモードでの動作が可能な光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質を備える可変抵抗器と、可変抵抗器に導いてその伝導度応答を変化させるための振幅変調放射線を生成する変調放射線源と、電源および出力ポートとを備える。電源および出力ポートの両者は、可変抵抗器に動作可能に接続されている。可変抵抗器によって出力ポートで生成された電気信号は、振幅変調放射線に実質的に類似した波形を有するよう可変抵抗器により変調される。

【０００８】

本発明の別の態様は、変調電気信号を生成するための方法である。この方法は、電源と、出力ポートと、電源および前記出力ポートに動作可能に接続された可変抵抗器とを設けるステップであって、可変抵抗器によって出力ポートにて電気信号が生成され、可変抵抗器は、入射放射線の振幅の変化に対する伝導度応答がその非飽和領域にわたって実質的に線形であり、それにより非アバランシェモードで動作可能な光伝導ワイドバンドギャップ

半導体物質を備えるステップと、変調放射線源により生成された振幅変調放射線を可変抵抗器に導いて、可変抵抗器の伝導度応答を変化させるステップであって、出力ポートで生成された電気信号が、振幅変調放射線に実質的に類似した波形を有するよう可変抵抗器により変調されるステップとを備える。

【０００９】

本発明の別の態様は、光伝導変調可変抵抗装置である。この装置は、入射放射線の振幅の変化に対する伝導度応答がその非飽和領域にわたって実質的に線形であり、それにより非アバランシェモードで可変抵抗器として動作可能な光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質（ＰＷＢＳＭ）と、ＰＢＷＳＭに導くための振幅変調放射線を生成する変調放射線源とを備える。ＰＢＷＳＭにおいて振幅変調放射線により誘発された伝導度応答は、振幅変調放射線に実質的に類似した波形を有する。

【００１０】

概して、本発明は、光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質（ＰＷＢＳＭ）を用いて電気信号を、ＰＷＢＳＭの伝導度応答（conduction response）を変化させることにより変調する技術について説明する。これは、照明された相互コンダクタンスのようなＰＷＢＳＭ物質の特性により可能とされる。ＰＷＢＳＭ物質の特性は、例えばコンパクトな積層伝送線路の場合、高速応答（立ち上がり時間＜１ｎｓ）、高電圧（＞１５ｋＶ／ｍｍ）、大電流（＞１ｋＡ／ｃｍ２）、フォトランジスタのような変調能力（＞３００ＭＨｚ）を示す。この能力により、高電圧電気信号を直接操作する種々のアプリケーションが可能となる。本発明の用途例は、例えば、コンパクトな高出力マイクロ波またはＲＦの生成や、導かれた例えば加速器やその他の科学計器用のパルス電力などのエネルギーシステムにおける荷電粒子ビームのエネルギー変調（光電効果を使用しない）を含む。そして、例えば炭化ケイ素、窒化ガリウム、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、およびダイヤモンドなどの種々のタイプのＰＷＢＳＭが本発明に用いられる。

【００１１】

最近の資料は、ＳｉＣは、可視光エネルギーにさらされたときにその光エネルギーの強度に基づいて抵抗値が変化することを示している。例えばＳｉＣや本発明で用いられるその他のＰＷＢＳＭ等は、放射線を当てられた（例えば照明された）ときにその抵抗値が減少する、放射線（例えば光）制御抵抗器して機能する。図２は、ローレンス・リバモア国立研究所にて出願人により行われた実験による、可視光エネルギーの影響を受けたＳｉＣの結果および典型的な反応を示す。ｘ軸はＳｉＣ物質への可視光エネルギーの強度である。ｙ軸には、物質に印加された複数の電圧ごとに、結果として生じる電流が示されている。図２は、各電圧毎に、スイッチに対する光強度を変化させた結果生じるＳｉＣスイッチを通過する電流の詳細を示しており、高勾配（＞２７ＭＶ／ｍ）のスイッチングアプリケーションの下でのワイドバンドギャップ物質（ＳｉＣおよびＧａＮ）の大電流（＞１ｋＡ／ｃｍ）能力を示している。約０から２ｍＪの光エネルギーの変化に対して、この装置は、約１ｎＡの暗電流からピーク電流まで基本的に線形モードで動作する。この特定のデータに関しては、このピーク電流は１ｋＶにおいて約２０Ａである。２ｍＪを超える高光エネルギーにおいて、装置が約１Ωの最小抵抗値となる飽和点に到達する。図２に示す伝導度応答曲線（conduction response curve）は、飽和領域と非飽和領域とを有するものとして特徴付けられる。

【００１２】

図２から明らかなように、非飽和領域は、典型的なトランジスタデバイスと類似の実質的な線形応答を有する。このデータから、Ｇｍ＝ΔＩｏｕｔ／Δξｉｎという特性式の相互コンダクタンスでＳｉＣ物質が動作することが分かる。ここで、ξｉｎは制御入力パラメータである。単一のトランジスタの場合、ξｉｎはベース電流、すなわち真空管に対する制御グリッド電圧である。ＳｉＣ物質において、このパラメータは、伝導度応答を生成する光または他の放射エネルギーである。明確にするために極めて線形な低電流の領域が図示されているが、我々の特定の装置では、ＳｉＣは１ｋＡ／ｃｍ２を超える最大電流を超えてこの相互コンダクタンス特性を示す。そして、トランジスタや真空管技術と同様に

、これらの物質は、０～２ｍＪからの急勾配の高利得線形領域と、３０ｍＪを超える減少した勾配の飽和領域とを示す。従って、物質が実質的に線形な非飽和領域で動作されるとき、光パルスに対して印加された変調の増幅は、印加信号の増幅をもたらす。適切に構成された場合、これらのスイッチはナノセカンドまたはそれより早いタイムスケールで開閉可能、つまり高周波数変調が可能である。印加電圧が取り除かれた後に回復して光エネルギーがデバイスを完全に伝導状態にするだけの場合には、制御されていない双安定の「高利得」モードは決して観察されないことに注目すべきである。

【００１３】

さらに、ワイドバンドギャップ物質の電荷担体を十分に励起可能な任意の放射線は、電磁放射線と、例えば電子、陽子、中性子などを含む粒子放射線とを含むＰＷＢＳＭ可変抵抗器の伝導度応答を変調するために用いられてもよい。可視光エネルギーを用いた変調の構成における一つの問題として、強烈な可視光エネルギーは生成が困難であるという点に注目すべきである。しかしながら、幸いなことに、関心を持っている物質は、電磁放射線と粒子放射線の両方に対して同様に良好に応答する。

【００１４】

変調方式の２つの基本形は、（１）「直接変調」：ＰＷＢＳＭ可変抵抗器の伝導度応答が出力ポートにおいて変調電気信号を生成すること、（２）「反射率変調」：変調放射線源からの振幅変調放射線への伝導度応答が、インピーダンス不整合から生じる伝送線路を伝搬する入射パルスの波形に変調を与えること、を含む。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

添付図面を以下に示す。これらは開示に組み込まれ、開示の一部を形成する。

【００１６】

【図１】本発明の実施形態に係る変調電気信号生成システムの概略図である。

【図２】種々の電圧レベルにおける光エネルギーに対するＳｉＣ物質の伝導度応答を示すグラフであり、非飽和領域の実質的に線形な応答を示す。

【図３】例えばレーザ等の光源により生成された光学的な変調光により変調された光を生成するための、本発明に係る変調放射線源の第１実施形態の概略図である。

【図４】電子の生成を調節して変調Ｘ線を生成し、それにより光伝導可変抵抗器の伝導度応答を変化させるための、本発明に係る変調放射線源の第２実施形態の概略図である。

【図５】変調電子粒子を生成してそれにより光伝導可変抵抗器の伝導度応答を直接変化させるための、本発明に係る変調放射線源の第３実施形態の概略図である。

【図６Ａ】本発明の直接変調構成の第１実施形態の概略図である。ＰＷＢＳＭの伝導度応答が出力ポートにおいて変調電気信号を生成する。特に、本実施形態は分圧器として構成されている。

【図６Ｂ】図６Ａと類似するが負荷とＰＷＢＳＭの位置が逆である第２実施形態（分圧器構成）の概略図である。

【図７】パルス形成ラインを用いて出力ポートにおいて変調電気信号を生成する、本発明の直接変調構成の第３実施形態の概略図である。

【図８Ａ】本発明の反射率変調構成の第１実施形態の概略図である。振幅変調放射線に対する伝導度応答が伝送線路を伝搬する入射パルスに変調波形を与える。

【図８Ｂ】本発明の反射率変調構成の第２実施形態の概略図である。図８Ａと類似するが、入力端と出力端の間に位置する追加的な伝導変調部を有し、各伝導変調部は独立した変調放射線源により変調される。

【図８Ｃ】本発明の反射率変調構成の第３実施形態の概略図である。図８Ｂと類似するが、伝送線路における全ての伝導変調部の伝導性を変化させる単一の変調放射線源を有する。

【図９】出力ポートにおける変調信号がアディティブ（additive）となるように積層されたパルス形成ラインに組み込まれた、直接変調構成の積層された実施形態の概略図である。

【図１０】分離したパルス形成ラインに組み込まれ、相対位相を制御する位相制御器を用いて各変調放射線源により独立に変調される複数のＰＷＢＳＭ可変抵抗器を有する本発明の位相アレイの実施形態の概略図である。
【図１１】高出力マイクロ波アプリケーション用に構成され、図３の変調放射線源と、図６Ｂの分圧器構成と、出力ポートに接続された高出力マイクロ波を送信するためのマイクロ波ホーンとを有する、本発明の第１の典型的なアプリケーションに基づく構成の概略図である。
【図１２】第２の典型的なアプリケーションに基づく構成の概略図を示す。図１１と類似するが、高出力マイクロ波を送信するために、図７のパルス形成ラインの出力ポートに接続されたマイクロ波ホーンを有する。
【図１３】誘電体壁加速器（ＤＷＡ）構成における荷電粒子を変調するために構成された、本発明の第３の典型的なアプリケーションに基づく構成の概略図である。
【図１４】単一の変調放射線源を用いて異なる可変抵抗器に導かれた位相制御された振幅変調放射線を生成する、図１０の他の実施形態である。
【図１５】三極管構成のアノード電圧を変調するよう構成された、本発明の第４の典型的なアプリケーションに基づく構成の概略図である。
【図１６】図１５と類似した、三極管構成のグリッド電圧を変調するよう構成された、第５の典型的なアプリケーションに基づく構成の概略図である。
【図１７】図１５と類似し、三極管構成のカソード電圧を変調するよう構成された、第６のアプリケーションに基づく構成の概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
図１は、本発明の実施形態に係る変調電気信号を生成するためのシステムの概略図を示す。このシステムは符号１０で示されている。このシステムは、電気システム１２内に可変抵抗器１１として組み込まれた光伝導ワイドバンドギャップ半導体物質（ＰＷＢＳＭ）を含む。電気システムにおける配置方法は、例えば分圧器、伝送路、パルス形成ラインなどにおけるシステムの電気的装置に応じて変えることができ（より詳細に後述する）、アプリケーション特有のものであることを留意されたい。しかしながら、一般的に、ＰＷＢＳＭを用いた可変抵抗器１１は、電源１３と出力ポート１４の両方に動作可能に接続されているので、電気信号１７は、可変抵抗器１１によって（を通って）出力ポートで生成される。言い換えると、電気信号は、可変抵抗器の活性化（activation）／変調か、または可変抵抗器を単に「経由（via）して」通過するよう伝搬されるか、により生成される。出力ポートは、少なくとも２つの出力端子／電力から成っている。本発明の別の実施形態は、電気出力信号を変調するためにＰＷＢＳＭを用いた可変抵抗器のコンダクタンス変調を実行するだけでなく、光伝導可変抵抗器１１と変調放射線源１５を含む可変抵抗装置を含むことを留意されたい。
【００１８】
（変調放射線源）
図１に示すように、システム１０は、符号１５で示される変調放射線源を含む。この変調放射線源は、変調放射線１６を生成する。変調放射線１６は、その伝導度応答（conduction response）を変化させるために可変抵抗器１１に導かれる。概要に記載したように、ＰＷＢＳＭ可変抵抗器は、飽和領域と非飽和領域とにより特徴付けられる連続的な伝導度応答を有する。動作／活性化の非飽和領域において、伝導度応答は実質的に線形である。変調放射線源１５により生成された変調放射線１６は、実質的に線形領域で可変抵抗器の伝導度応答を変化させる働きをすることが好ましく、それによって増幅器／トランジスタと同じように動作する。可変抵抗器は、双安定のオン・オフ操作という意味を含むスイッチとしては用いられないことに注目すべきである。
【００１９】
図１の変調放射線源１５は、概して放射線を生成し振幅変調する機能を有する。放射線は、例えば可視光やＸ線などの電磁放射線か、例えば電子、陽子、中性子などの粒子放射

線であってよい。従って、変調放射線源は、高電圧出力パルス列を生成するために、例えば、（レーザから）光パルス列を生成して一つのＰＷＢＳＭ可変抵抗器に導いてもよいし、連続可変のアナログ光信号を生成して一つのＰＷＢＳＭ可変抵抗器に導いてもよい。図３は、変調放射線源の第１実施形態を変調電磁放射線源として示す概略図である。具体的には、変調電磁波源は、例えばレーザ２０等の光源により光学的に生成された変調光に光変調器２１を用いて、変調光２８を生成する。光変調器２１は、様々な変調技術を採用することができるが、図２は、入射光を可変時間遅延パス２４と固定時間遅延パス２３とに分割するスプリッタ２２を用いた一つの方法を示している。可変時間遅延パスを進む光は、低レベル電圧入力信号に基づいた光信号の遅延を制御するニオブ酸リチウム結晶２５を通過することが示されている。２つのパスは、コンバイナ２７で再結合され、変調光２８が生成される。変調器の他の実施形態は、例えば、音響光学変調器（ＡＯ）、カーセル（Kerr cell）やポッケルセル（Pockel cell）、および偏光子を備えたファラデー回転子を含んでもよい。

【００２０】

図４および図５は、図１の変調放射線源１５の２つの他の実施形態を示す。具体的には、図４は、符号３０で示される変調放射線源の第２実施形態の概略図を示す。変調放射線源３０は、光伝導性の可変抵抗器３６の伝導度応答を変調する変調Ｘ線３５を生成するために電子３４の生成量を調節する。電子生成量を制御するために、カソード３２と、アノード変換ターゲット３３と、グリッド電力３１とが設けられている。電子生成量の調節はまた、Ｘ線の発生（すなわちＸ線強度）を変調する。変調Ｘ線が次々にＰＷＢＳＭ３６に導かれ、その伝導度応答が変調される。

【００２１】

図５は、符号４０で示される変調放射線源の第３実施形態の概略図を示す。変調放射線源４０は、図４に似ているが、電子の生成量を調節するためにグリッド電極４１を用いている。グリッド電極４１は、カソード４２から変調電子粒子４３を生成して、それにより伝導性可変抵抗器４６の伝導度応答が直接変調される。図示されていないが、放射性粒子、陽子、中性子など（素粒子）の任意の種類の粒子放射線が、ある種の粒子を変調可能な粒子変調器を設けることにより変調されてもよい。このように好適な実施形態では、粒子放射線源は、先端（pointed tip）を有しており、該先端から抽出された粒子を変調するよう機能する。

【００２２】

（直接変調）

図６Ａ、図６Ｂおよび図７は、本発明の「直接変調」構成の種々の実施形態を示す。ここでは、ＰＷＢＳＭ可変抵抗器の伝導度応答は、出力ポートにおいて変調電気信号を生成する。この構成は、ある意味ではトランジスタの動作に類似したすぐに高インピーダンスから低インピーダンスになるＰＷＢＳＭ可変抵抗器の能力を利用している。概して、このアプローチでは、レーザまたは他の適切な放射線源は、スイッチを駆動するのに十分な振幅（例えば強度）のある種の放射線を生成するために用いられる。そして、変調器（例えば光変調器）は、レーザ光を正確なパルス波形に変換するために用いられる。これは、例えば、音響光学変調器、一連のミラーと光遅延線、ポッケルスセル、または他の技術により達成される。

【００２３】

具体的には、図６Ａは、分圧器として構成された、直接変調構成５０の第１実施形態を示す。図示されるように、ＰＷＢＳＭ可変抵抗器５５は、電源（高電圧源として図示）と負荷５６との間に直列に配置されている。負荷５６は、負荷抵抗器であってよい。レーザ５１は非変調光信号５２を生成し、非変調光信号５２は光変調器５３により変調されて、変調光信号５４が生成され、変調光信号５４が次々と抵抗器５５に導かれることが図示されている。このように、出力ポートＢにおいて負荷５６にわたって変調電気信号が生成されるのと同様に、出力ポートＡにおいて抵抗器にわたって変調電気信号が生成される。同じように、図６Ｂは、第２実施形態の概略図（分圧器構成）を示すが、負荷５６とＰＷＢ

ＳＭ抵抗器５５の位置が逆になっている。ここでも、出力ポートＡとＢの両方で変調電気信号が生成される。ＰＷＢＳＭは、光を当てられていないときに基本的に開回路であるので、電圧は全て負荷よりもＰＷＢＳＭにかかる。スイッチが閉じたとき、今度は負荷において電圧降下が生じる。スイッチは高速スイッチングが可能であるので、ＡおよびＢで現れる高電圧パルス列において高速に光パルス列が複製される。マイクロ波を生成するために、マイクロ波振動数の光変調がＡまたはＢで接続されたアンテナまたは伝送線路とともに必要とされる。

【００２４】

図７は、符号６０で示される、本発明の直接変調構成の第３実施形態を示す。ここで、出力ポート６８で変調電気信号を発生させるためにパルス形成ラインが用いられている。図７では３つの電極が図示されているが、少なくとも２つの電極があればパルスを発生できることを理解されたい。とにかく、図７に示すパルス形成ラインは、電源（図示せず）への接続によりある電圧にプリチャージ（pre-charged）される中心電極６１を有する。その他のプリチャージされた電極６１と向かい合う２つの電極６２および６３は、接地電位に維持されており、電極６１および６２は、バックショート６４により電気的に接続されている。この構成において、変調放射線源６６により生成された振幅変調放射線６７がＰＷＢＳＭに導かれると、出力ポート６８において変調パルスが発生する。

【００２５】

（反射率変調）

上述した直接変調構成と対照的に、図８Ａ～図８Ｃは、「反射率変調」構成の種々の実施形態を示す。具体的には、図８Ａは、符号７０で示される、本発明の反射率変調構成の第１実施形態を示す。ここでは、変調放射線源７７からの振幅変調された放射線７８への伝導度応答は、伝送線路（図示のように、入力端７４と出力端７５の間に延びている電極７２および７３を備える）を伝搬する入射パルスに対して実質的に変調波形を付与する。正確に同じ波形が与えられることはほとんどないが、実質的に同じであることを留意されたい。さらに、実質的な付与とは、波形の基本的形状を維持しながら、振幅および／または位相の一様な変動に加えて、波形インバージョンを含む。

【００２６】

この場合、電源は、パルス電源であることが好ましい。伝送線路におけるＰＷＢＳＭのコンダクタンス変調は、伝送線路を伝搬する（どこか他の所で生成された）入射パルスが、反射パルスと送信パルスの両方に光変調（すなわち光パルス列）が与えられた状態で、部分的に反射され、部分的に送信されるよう、ＰＷＢＳＭと伝送線路との間のインピーダンス不整合を制御する。従って、ＰＷＢＳＭ抵抗器の特性と伝送線路の特性は、スイッチに光が当てられていないときにインピーダンス不整合による反射が生じないよう、インピーダンス整合される。これは、スイッチおよび／または回線の物質特性および形状を変えることを含むいくつかの方法により達成できる。ＰＷＢＳＭが照明されると、インピーダンスが降下し、伝送線路に沿って進む高電圧パルスは部分的に反射し、部分的に送信される。ＰＷＢＳＭは照明の変化に即座に反応するので、結果的に変調された光パルス列は可変抵抗器におけるインピーダンス不整合を変化させる。これにより、送信電圧パルスと反射電圧パルスの両方に光パルス列構造が複製される。マイクロ波の生成のために、送信パルス、反射パルス、またはその両方は、伝送線路を介してアンテナへ伝搬される。次に述べるように、追加的なインラインの光伝導部を用いて、さらに複雑な変調が生成されてもよい。

【００２７】

図８Ｂは、本発明の反射率変調構成の第２実施形態の概略図を示す。この構成は図８Ａと類似している。しかしながら、この構成においては、追加的な伝導度変調部７６’および７６”が設けられ、これらは入力端と出力端の間に一列に配置されている。各伝導度変調部は、独立した変調放射線源７７’および７７”により変調される。

【００２８】

図８Ｃは、本発明の反射率変調構成の第３実施形態の概略図を示す。この構成は、図８

Ｂと類似している。しかしながら、この構成においては、一つの変調放射線源７７が、スプリッタ７９により、伝送線路における全ての伝導度変調部の伝導度応答を変調している。

【００２９】

（パルス形成ラインの積層構造）

図９は、直接変調構成の積層された実施形態の概略図を示す。この構成は、積層されたパルス形成ラインに組み込まれた複数のＰＷＢＳＭ可変抵抗器を有しており、出力ポートにおける変調信号がアディティブ（additive）となっている。この構成は、例えば一つのパルス形成ラインや一つの分圧器により提供されるよりも大きな電圧や電流が必要とされる場合のものであり、複数のステージが用いられ、各信号が合計される。特に、図９に示すような「誘電体壁加速器」構造が用いられてもよく、あるいは当技術分野で知られた誘導電圧重畳（inductive voltage adder）構造が用いられてもよい。これらの構造（geometry）は、中心導体（または荷電粒子ビーム）に電圧を印加するために積層された伝送線路を用いる。

【００３０】

（変調電気信号出力の位相アレイ）

図１０は、本発明の位相アレイ（phased array）の実施形態の概略図を示す。この実施形態は、別々のパルス形成ラインに組み込まれた複数のＰＷＢＳＭ可変抵抗器を有する。ＰＷＢＳＭ可変抵抗器は、位相制御された振幅変調放射線で独立に変調される。図１０は、複数の変調放射線源９４～９６を制御して、振幅変調放射線の相対位相を制御する位相制御器１００を示す。しかしながら、複数の位相制御された振幅変調放射線を生成し、複数の可変抵抗器に導くために、位相制御器が一つの変調放射線源を位相制御するために用いられてもよいことを理解されたい。そして、図１４は、図１０に代わる実施形態を示し、一つの変調放射線源を用いて、異なる可変抵抗器に導かれる位相制御された振幅変調放射線を発生させる位相アレイの実施形態の概略図を示している。

【００３１】

（アプリケーション例：高出力マイクロ波の生成）

現在の高電圧増幅または高出力マイクロ波（ＨＰＭ：High Power Microwave）の生成は、通常、扱いにくい真空電子技術（すなわち、パワー真空管、マグネトロン、クライストロン、ジャイロトロンなど）または大型のパルス電力システムの利用を必要とする。レーザをトリガとする光伝導スイッチ（ＰＣＳ）が、コンパクトなパルス電力システムに採用されている。ＰＣＳは、高電圧パルスでの迅速な遷移によりＨＰＭを発生する。しかしながら、大抵のパルス電力駆動の高出力マイクロ波（ＨＰＭ）システムは、非常にブロードバンドである。その最終的な結果として、ある程度の中和効果が実現されるが、過度の電磁エネルギーが扱いやすい通信周波数に放射され、それを使えないものにしてしまう。その結果、通信損失か効果的な中和かの選択が必要となる。

【００３２】

この点において、図１１および図１２は、高出力マイクロ波の生成と伝送のために構成された、本発明の２つの概略図を示す。具体的には、図１１は、高出力マイクロ波アプリケーション用に構成された、本発明の第１の典型的なアプリケーションに基づく構成を示している。この構成は、図３の変調放射線源と、図６Ｂの分圧器構成とを有し、該分圧器の出力ポートは、高出力マイクロ波を送信するためのマイクロ波ホーンに接続されている。マイクロ波ホーン１０２は、変調可変抵抗器により生成された変調電気信号がマイクロ波ホーンを駆動して高ピークパワーの出力を生成するように、分圧器の出力ポートに接続されている。変調可変抵抗器は、図示されるように、ニオブ酸塩結晶２５に印加された低レベル電圧入力を増幅する。また、図１２は、パルス形成ライン（例えばブルムライン（Blumlein）型など）が用いられるのを除いて図１１と類似の構成を示す。図１２では、マイクロ波ホーンがパルス形成ラインの出力端に接続されている。この方式では、アクティブ－リアクティブジャミング（jamming）装置により生成された低レベル電気信号が高出力送信器に印加され得る。システムなどの低レベル部分のみを用いることにより、この技

術は、導かれたエネルギー中和領域において利用可能となる。そして、電気光学変調器の使用により、電気信号から指向（directed）エネルギーＨＰＭへの変換が実現される。このようなデバイスは、図４に図示されている。

【００３３】

（アプリケーション例：荷電粒子の変調）

荷電粒子ビームの変調は、歴史的にクリティカルな関心領域である。電子ビームの場合、高出力コヒーレント電磁放射線を生成する変調電子ビームの能力のために、これは特に真実である。ビームの変調は、ビームの密度がその長さに沿って変化する密度変調と、ビームのエネルギー（および、非相対論的なビームについてはその速度）がその長さに沿って変化する速度またはエネルギー変調とに分けられる。変調ビームを生成するために多くの技術が用いられてきた。グリッド（三極管など）への変調電圧の使用、または共振空洞（例えばクライストロン）での電磁場との相互作用、または遅波構造（例えば進行波管など）などである。一般的に、変調粒子ビームを生成するために変調レーザが用いられてきた。これに対する一つの例外は、従来技術について記載した文献に記載されるような、変調レーザを使用した光電子放出による変調電子ビームの生成である。この技術は、特定の条件下で密度変調を速度変調に変換することができるが、速度変調ビームを直接生成する能力はない。さらにこの技術は、電子の生成に限定される。従って、例えば陽子ビームの変調には役に立たない。

【００３４】

図１３は、本発明の第３の典型的なアプリケーションに基づく構成の概略図を示す。これは、誘電体壁加速器（ＤＷＡ）構成において荷電粒子を変調するために構成されたものである。具体的には、積層されたパルス形成ラインが（最も外側の電極において）ビーム軸１２１を有する誘電体壁ビーム管１２０に接続されている。さらに、図示されるように、荷電粒子源１２２がビーム管内に位置している。ＰＷＢＳＭ抵抗器のアクチベーションにより、そこから発生した荷電粒子が変調される。概して、この構成によれば、荷電粒子を加速し、荷電粒子のエネルギー／速度を変調し、または荷電粒子をバンチ（bunch）／デバンチ（debunch）（すなわち長さ方向のフォーカス／デフォーカス）するよう変調を実行できる。グリッド（図示せず）は、誘電体壁ビーム管１２０の一端または両端に選択的に設けられてよい。さらに、ビーム管は、種々のシステムのサブシステムとして配置されてもよい。例えばクライストロンなどのマイクロ波管における入力キャビティを置き換えるために配置されてもよく、また、効率を向上しサイズを小さくするために例えば遅波構造や周期的磁石アレイなどの電磁放射線源の上流に配置されてもよい。また、図１８に示されるように、荷電粒子源は、荷電粒子密度が変調された荷電粒子をそこから抽出するために、ビーム管内に配置されてもよい。

【００３５】

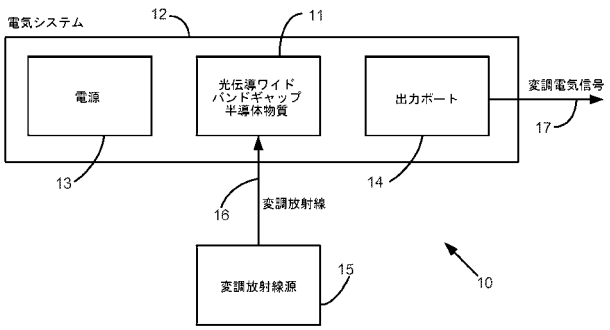
荷電粒子変調の別のアプリケーションは、図１５～図１７に示されるように、三極管構造を設けることによる。これらの図では、三極管構成におけるアノード、カソード、およびグリッドの一つに変調電圧を供給するために、図６Ａに示す構成と類似した分圧器構成が用いられている。具体的には、図１５は、三極管構成のアノード電圧を変調するよう構成されている。図１６は、三極管構成のグリッド電圧を変調するよう構成されている。そして図１７は、三極管構成のカソード電圧を変調するよう構成されている。三極管は、真空にされるか又はガスで満たされる領域（例えば図示のような円形の囲い）内に伸びている（及んでいる）ことが望ましいことを理解されたい。真空またはガス電子デバイスを駆動するために用いられるとき、囲いを突き抜く導体により接続部が形成され、真空またはガス領域で（グリッドのような）コンポーネントに取り付けられる。このようにして、（変調電気信号用に）３つの電極のどれが出力ポートに接続されるかを選択することにより、囲いの中に存在する荷電粒子を排除（repel）、偏向(deflect)、または加速するために三極管が用いられてもよい。その動作原理は、加熱カソードが（フィラメントによって直接的または間接的に）電子の空間電荷をもたらし、それがプラスに帯電したプレート（アノード）に引きつけられ、電流が生成されるということである。負電荷を制御グリッドに

印加することにより、カソードの方に引き返す電子の一部がはじかれる傾向がある。グリッドの帯電が大きくなりにつれ、プレートへの電流は小さくなる。グリッドのＤＣバイアスにＡＣ信号が重畳される場合、ＡＣ信号の増幅バージョンが陽極回路に現れる。

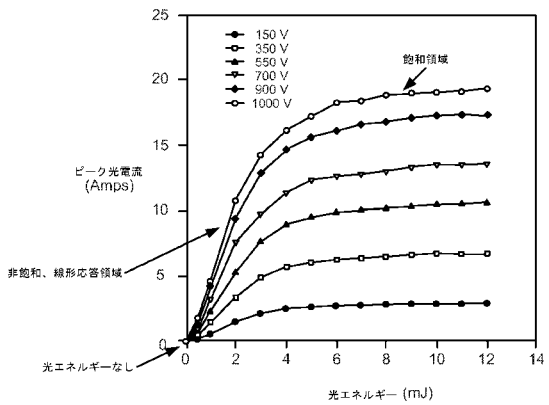
【００３６】

特定の操作パラメータ、例えばシーケンス、物質、温度、パラメータ、および特定の実施例などについて説明または図示したが、これらは限定を意図するものではない。改良および変形が当業者にとって明らかになり、本発明が添付の請求項の範囲によってのみ限定されることが意図されている。

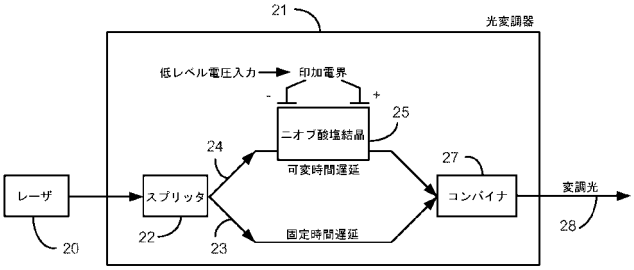
【図１】



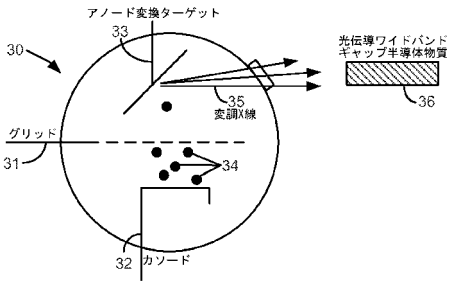
【図２】



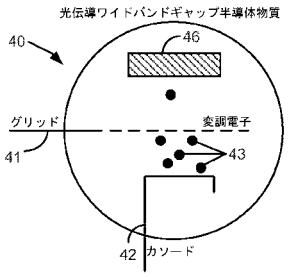
【図３】



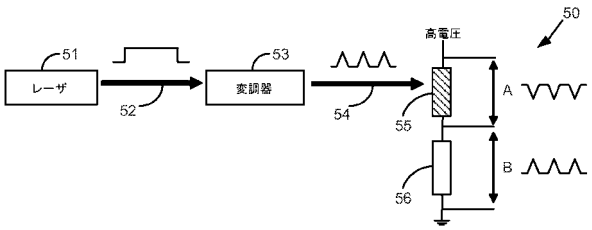
【図４】



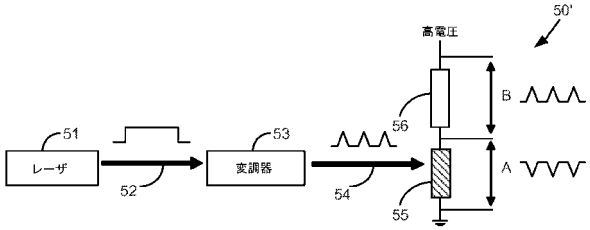
【図５】



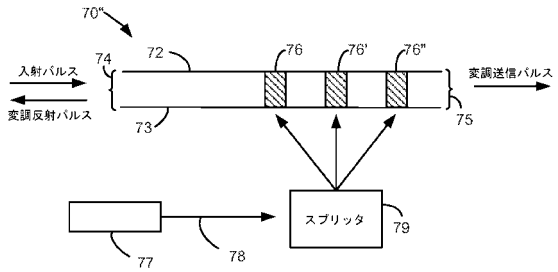
【図６Ａ】



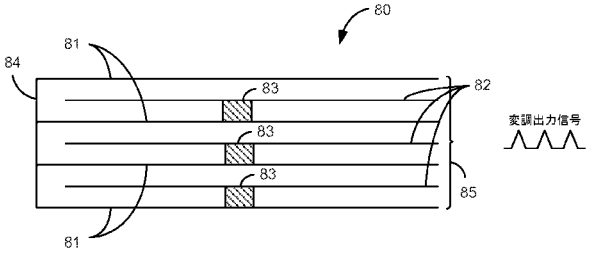
【図６Ｂ】



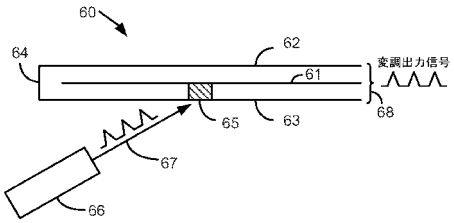
【図８Ｃ】



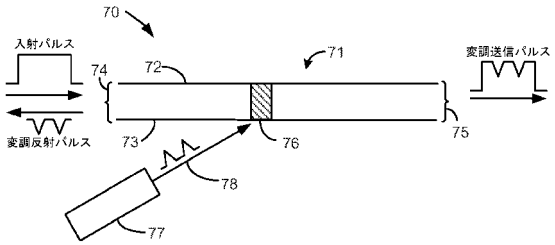
【図９】



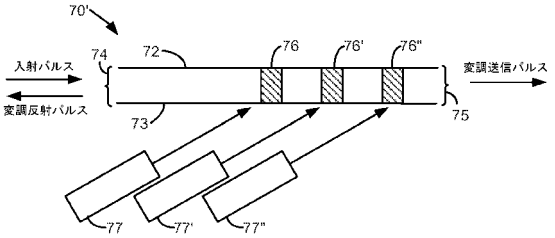
【図７】



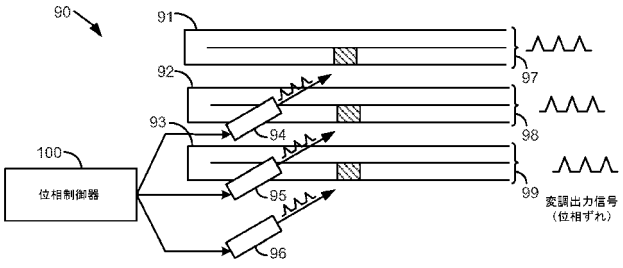
【図８Ａ】



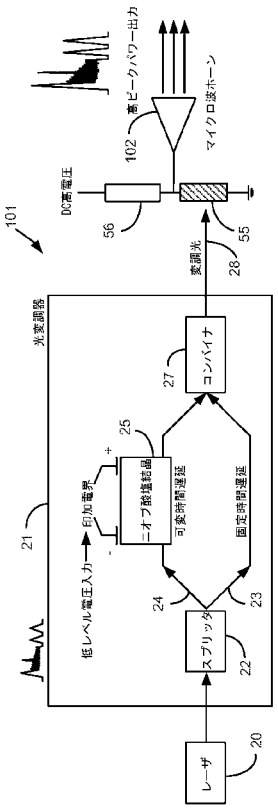
【図８Ｂ】



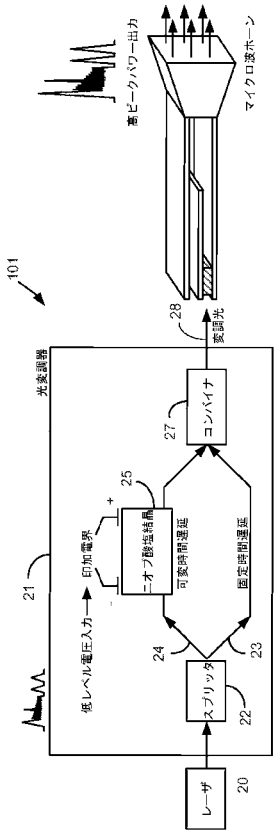
【図１０】



【図１１】



【図１２】



【図１３】

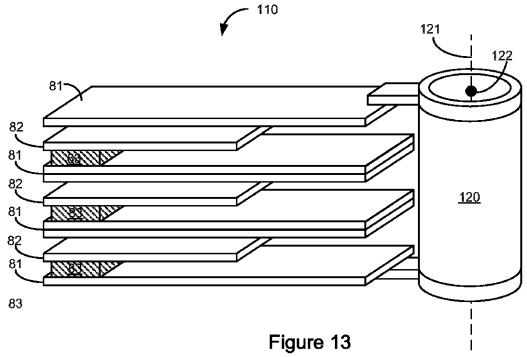
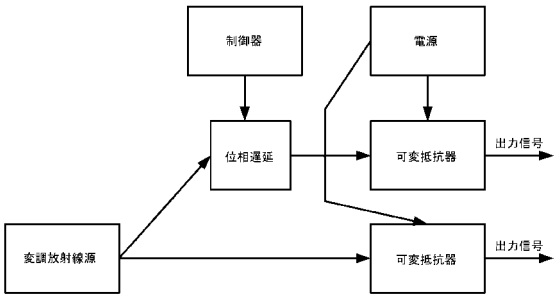
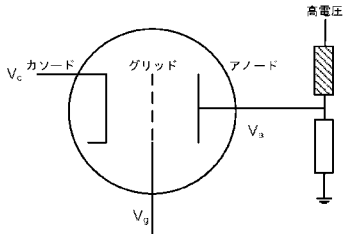


Figure 13

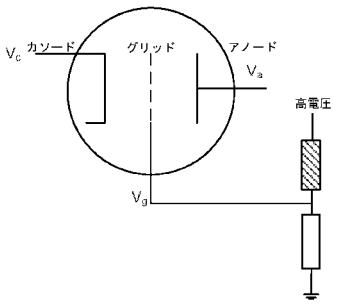
【図１４】



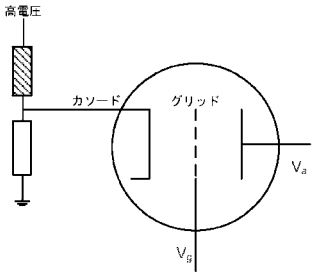
【図１５】



【図１６】



【図１７】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2009/041046

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L31/08 G02F1/03 H03C1/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L G02F H03C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 192 387 A (GOODMAN ROBERT M) 29 June 1965 (1965-06-29) figures 2, 3	1-4, 9-11,26, 27
Y	column 1, lines 11-18 column 2, lines 5-10 column 2, lines 54-56 column 3, lines 10-42	5

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 September 2009	07/12/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Robinson, Victoria

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2009/041046

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 010 376 A (DUCK SHERMAN W) 1 March 1977 (1977-03-01) abstract; figure 1 column 3, lines 35-49 column 3, line 56 - column 4, line 2 column 4, lines 10-13 column 4, lines 51-54 column 5, lines 16-21 column 5, line 64 - column 6, line 2	1-4, 9-11,26, 27
A	US 6 469 292 B1 (OGIMOTO YASUSHI [JP]; NAKANISHI KENJI [JP]; KOJIMA KUNIO [JP]) 22 October 2002 (2002-10-22) column 8, line 59 - column 10, line 40; figures 4-7 column 14, line 37 - column 15, line 40; figure 15	2
Y	OWENS A; PEACOCK A: "Compound semiconductor radiation detectors" NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - A:ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 531, no. 1-2, 21 September 2004 (2004-09-21), pages 18-37, XP004564741 ISSN: 0168-9002 abstract Section 2,tables 1, 3	5
A	DE 39 12 240 A1 (KARL MARX STADT TECH HOCHSCHUL [DD]) 23 November 1989 (1989-11-23) figures 2,5,6	11

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2009/041046

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

see annex

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2009/041046

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-5, 9-11, 26-27

System for producing modulated electrical signals using a wide band gap semiconductor variable resistor illumninated by a modulated radiation detector.

1.1. claim: 2

Driving the variable resistor in its non-saturation region

1.2. claims: 4-5

System with an electromagnetic radiation source

1.3. claims: 10-11

Output circuits sensing the resistance by means of a load.

---

2. claims: 6-8, 12, 25

Systems with modulated particle radiation sources

---

3. claims: 13-15

Direct modulation configuration with a pulse forming line

---

4. claims: 16-20

Reflectance modulation configuration with the variable resistor inline in a transmission line

---

5. claim: 21

Phase control of multiple variable resistors (phased array arrangement)

---

6. claims: 22-24

System in a transmission device for high power microwave generation

---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2009/041046

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3192387	A	29-06-1965	NONE	
US 4010376	A	01-03-1977	NONE	
US 6469292	B1	22-10-2002	JP 2000312022 A	07-11-2000
DE 3912240	A1	23-11-1989	CH 679075 A5	13-12-1991

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 カポラソ，ジョージ，ジェイ.
アメリカ合衆国，９４５５１ カリフォルニア州，リヴァーモア，レグラス ロード ５４２
(72)発明者 サムパヤン，ステファン，イー.
アメリカ合衆国，９５３３７ カリフォルニア州，マンテカ，タイトリスト ウェイ １４５６

Ｆターム(参考) 5F088 AA11 AB01 KA08