同時発表：
筑波研究学園都市記者会（資料配付）
文部科学記者会（資料配付）
科学記者会（資料配付）

熱安定な太陽光ブラインド紫外線センサーの開発に成功

―太陽の下でも炎や有害物質を検出できる固体素子型センサーの実現―

平成１７年2月２４日
独立行政法人物質・材料研究機構

概要

１．独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：岸　輝雄）物質研究所（所長：室町　英治）スーパーダイヤグループ（ディレクター：神田　久生）の小出　康夫主席研究員らは、太陽光の存在する日中においても波長１９０～２６０nmの深紫外線のみを検知し、極めて熱安定で低電圧駆動する「太陽光ブラインド紫外線センサー」の開発に成功した。

２．地球環境問題への対応および安全・安心の保証のため、炎や有害物質などを探知するセンサー開発は極めて重要な研究課題になっている。

３．今回作製した紫外線センサーは高品質なダイヤモンド半導体のエピタキシャル単結晶層と新たに開発した極めて耐熱性に優れる高融点金属カーバイド電極から構成される。性能は固体素子型の太陽光ブラインド紫外線センサーとしては世界最高水準であり、更に５５０℃で３時間の熱処理を行っても受光感度性能を保持できる熱安定性、既存のセンサーに比べ小型で消費電力が少なく、寿命が長いという特徴も持つ。

４．今まで深紫外線のみに応答することのできるセンサーは光電管が実用化されているが、駆動に３００V以上の高電圧が必要でありサイズも大きく重たかった。また、従来の固体素子型の紫外線センサーとしてはIII族窒化物半導体を用いたものの方が性能的に優れていたが、今回の高性能ダイヤモンド紫外線センサーではこれを一部で凌駕する性能を発揮することを明らかにした。これにより、新たにダイヤモンド半導体が熱安定な太陽光ブラインド紫外線センサーとして実用化できる可能性を実証した点で画期的である。

５．本センサーは火災・煙草探知機のセンサー部分、また家庭用燃焼機器や工業炉における燃焼炎の自動制御用センサー等に使用することが期待される。更に今回達成した熱安定性は画期的であり、ガソリン及びタービンエンジン内の高温燃焼炎のセンシングにも応用できる可能性を新たに開いた。

　また、次世代超 LSI（大規模集積回路）の作製に使われる紫外線露光装置において、長時間の深紫外線照射に対しても高温劣化しない安定な紫外線センサーとしての応用の可能性をも開いたと言える。

　今後は雑音性能や応答速度、熱安定性や信頼性を更に向上させることによって実用化を目指す。

研究の背景

今日２１世紀においては、世界的な政治情勢の激変ならびに経済情勢のグローバル化にともない、人間生活の安全･安心を保障することが極めて重要になってきている。

ハイテク科学技術の急速な進歩によって、快適な人間生活が保障されるに至ったが、反面人体への悪影響を及ぼす突発的な環境変化や思いもかけない不慮の環境現象が容易に発現することにも至った。その様な状況を鑑み太陽光が存在する真昼や戸外においても、炎や有害物質のみを高感度・迅速に検知することができる小型・簡便なセンサーシステムの構築は、国民の安全・安心な生活環境を確保するために極めて重要な研究課題と言える。

しかしながら、通常のセンサーは太陽光の波長に対しても応答してしまうため、太陽の発する光の中でオゾン層に阻まれ地球に届かない（よって太陽光線には含まれない）波長で、かつ炎や有害物質などが出す波長（深紫外線[1)]）にのみ反応するセンサーを開発する必要があった。

今日では太陽光線に含まれない波長２８０ｎｍ以下の深紫外線のみを検知するセンサーとしては光電管が存在し、火炎の点滅を検知するセンサーとして既に実用化され主に工業炉など大型燃焼装置の自動制御用の火炎センサーに用いられているが、固体素子型のセンサーは実用化されておらず、小型・簡便な火炎センサーとして開発が待ち望まれていた。

成果の内容

熱安定な太陽光ブラインド紫外光センサー[2)]を開発するためには、高品質なダイヤモンド層を成長させること、および熱安定な電極材料を開発することが不可欠であった。特に熱安定性に優れる整流性（ショットキー性）電極[3)]を得るための一つの指針は、ダイヤモンドと非反応性の金属を選定することにある。この材料設計指針に基づき、高融点金属カーバイドの一つであるWC（タングステンカーバイド）をショットキー性電極およびオーム性電極のキャップ層として選定した。Ib 型ダイヤモンド基板上にマイクロ波プラズマ気相成長法により成長させたボロンドープｐ型ダイヤモンド薄膜上に、WC ショットキー性電極及び Ti/WC オーム性電極を形成したプレーナ型のショットキー型紫外線センサーを作製した（図１および図２）。

図３に、５００℃、３時間の熱処理後の逆方向電圧２Ｖにおける受光感度[4)]特性を示す。受光感度の上限波長（カットオフ波長）は約２６０ｎｍで、図中の拡大図に示すように２３０ｎｍ近傍にバンドギャップに対応する光応答が見られる。紫外／可視光ブラインド比[5)]は６桁を達成している。２２０ｎｍの紫外線に対する受光感度は１Ａ／W程度であり、量子効率１００％を仮定した受光感度０．１８Ａ／Wに較べて５倍以上大きく、利得特性[6)]を持っている。また電流―電圧特性は、整流比[7)]８桁、暗電流[8)]は印加電圧３０Ｖにおいて10^{-14}Ａ以下の優れたショットキー特性を示す。この受光感度特性は、５５０℃、３時間の熱処理後においてもほぼ変化せず、極めて

熱安定性に優れる特性を持つ。

波及効果と今後の展開

太陽光ブラインド紫外線センサーは、固体素子型の小型・簡便な火炎センサーとして応用が期待され、火災探知機や煙草探知機のセンサー部分、更に家庭用燃焼機器及び工業炉の燃焼炎の自動制御用センシングに使用することが期待されている。今回達成した熱安定性は、エンジン内の燃料サイクルの自動制御に応用することも期待され、耐環境負荷の小さな次世代エンジンの開発につながる可能性にもつながる。更に、次世代超 LSI の作製プロセスに使われる紫外線露光装置において長時間の深紫外線照射に対しても高温劣化しない安定な紫外線センサーとしての応用の可能性も開いた。

ダイヤモンド半導体は半導体材料の中で最も機械的強度が強く、最も熱伝導性が高く、最も熱的・化学的に安定な究極の半導体である。ダイヤモンド紫外線センサーの開発研究は、国内や欧州を中心に開発が行われているが、これまで他の半導体材料であるⅢ族窒化物半導体を用いた紫外線センサーの性能がより優れていた。今回の高性能ダイヤモンド紫外線センサー開発の成功は、新たにダイヤモンド半導体が熱安定太陽光ブラインド紫外線センサーとして実用化できる可能性を実証した点で画期的と位置づけられる。

今後は雑音性能や応答速度を向上させ、更に熱安定性や信頼性を向上させることによって実用化を目指す。

用語解説

１）深紫外線

参考図１に示すように、太陽光線の内２８０ｎｍ以下の紫外線はオゾン層に吸収されるため地表に届かない紫外線で、深紫外線と呼ぶ。

２）太陽光ブラインド紫外線センサー

太陽光線に影響されることなく波長２８０ｎｍ以下の紫外線をセンシングできる光センサーを太陽光ブラインド紫外線センサーと呼んでいる。

３）整流性（ショットキー性）電極

電流－電圧特性において、電圧の増加とともに電流が自然対数的に増加する特性を与える電極をショットキー性電極または整流性電極と呼ぶ。

４）受光感度

光センサーの光応答感度を受光感度と呼び、単位光強度に対して光電変換できる電流量で定義し、単位は[Ａ／Ｗ]で表す。

５）紫外／可視光ブラインド比
紫外線（２２０ｎｍ）と可視光（例えば６００ｎｍ）との受光感度比を紫外／可視光ブラインド比と呼ぶ。

６）利得特性
光電流が増幅される特性。

７）整流比
整流性を示すショットキー電極における電流―電圧特性において、順方向電圧時と逆方向電圧時との電流比を整流比と呼ぶ。整流比が大きい程ショットキー特性が優れていると判断できる。

８）暗電流
整流性を示すショットキー電極における電流―電圧特性において、光遮断された状態で逆方向電圧時に流れる電流を暗電流と呼ぶ。暗電流が小さい程センサー性能が向上する。

問い合わせ先：
〒305-0047　茨城県つくば市千現１－２－１
独立行政法人物質・材料研究機構
　広報室　TEL:029-859-2026

研究内容に関すること：
独立行政法人物質・材料研究機構
　物質研究所スーパーダイヤグループ
　主席研究員　小出　康夫（こいで　やすお）
　TEL:029-860-4311（ダイヤルイン）　FAX:029-851-4005

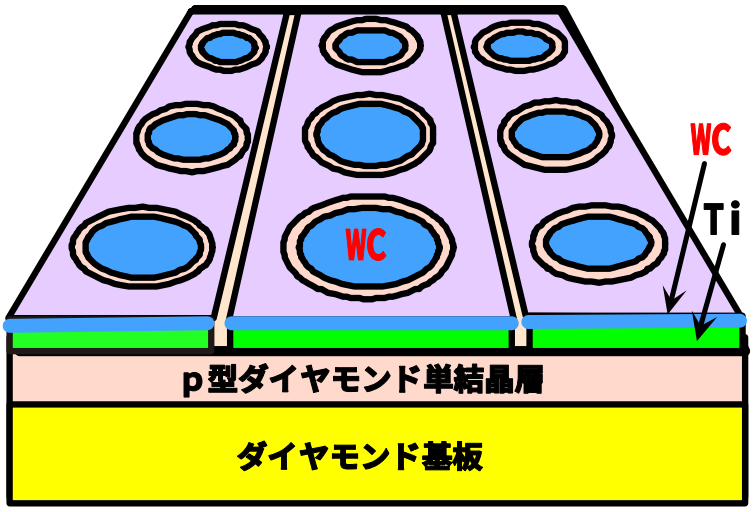


図１　開発した太陽光ブラインド紫外線センサーの概略図.

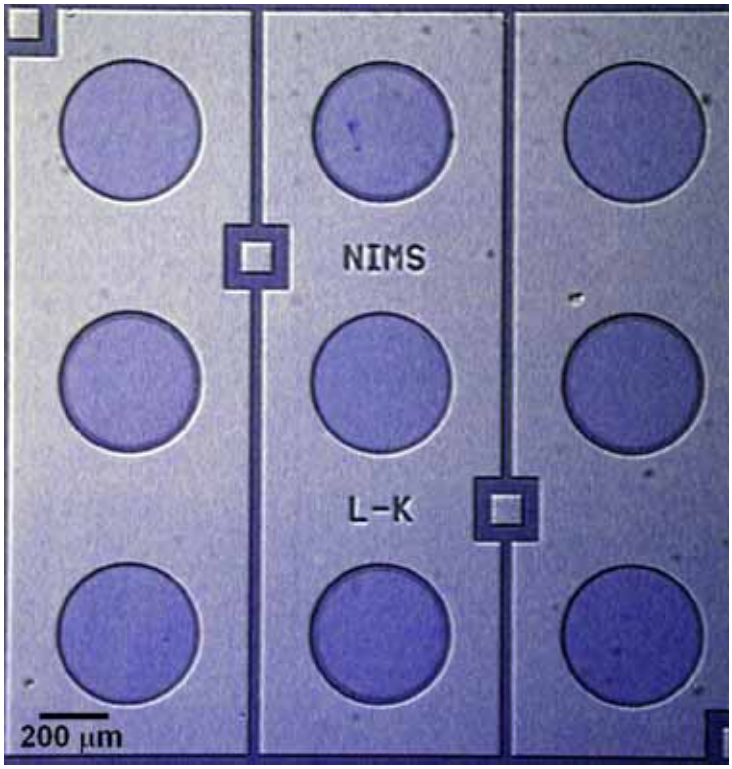


図２　開発した太陽光ブラインド紫外線センサーの表面写真.

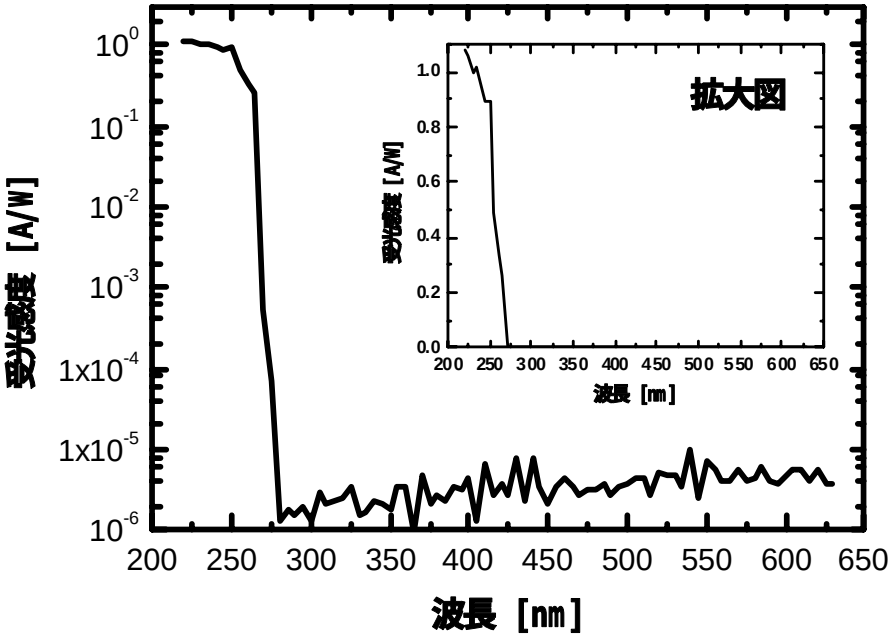
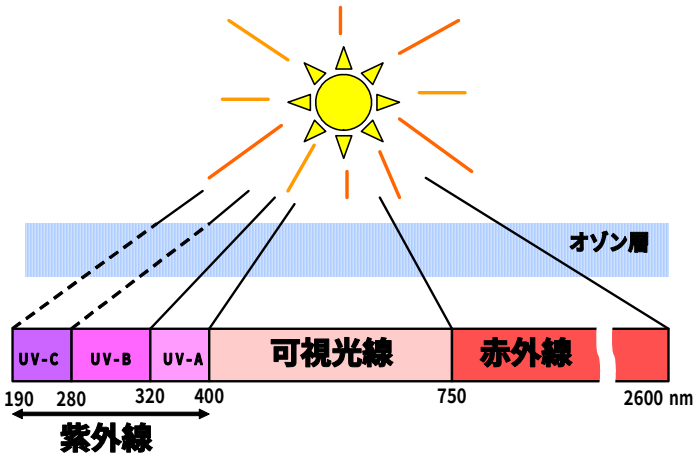


図３　開発した太陽光ブラインド紫外線センサーの受光感度特性.



参考図１　地表に到達する太陽光の波長スペクトル．２８０nm以下の紫外線はオゾン層に吸収されるため地表には届かない紫外線である.