

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
C 2 3 C 14/46		C 2 3 C 14/46 Z
14/34		14/34 M

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 9 頁)

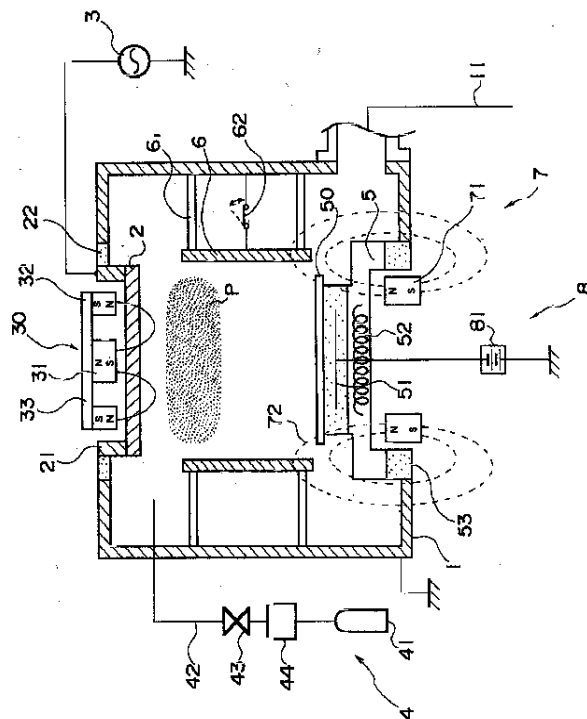
(21) 出願番号 特願平9-155981  
 (22) 出願日 平成9年(1997)5月28日

(71) 出願人 00022/294  
 アネルバ株式会社  
 東京都府中市四谷5丁目8番1号  
 (72) 発明者 佐々木 雅夫  
 東京都府中市四谷五丁目8番1号アネルバ株式会社内  
 (72) 発明者 船戸 清彦  
 東京都府中市四谷五丁目8番1号アネルバ株式会社内  
 (74) 代理人 弁理士 保立 浩一

(54) 【発明の名称】 イオン化スパッタ装置及びイオン化スパッタ方法

(57) 【要約】

【課題】 イオン化スパッタによって高アスペクト比のホールに対してボトムカバレッジ率の良い成膜を行うとともに、スパッタチャンバー内外の構成を簡略化する。  
 【解決手段】 排気系11を備えたスパッタチャンバー1内に設けられたターゲット2をスパッタ電源3によってスパッタし、放出されたスパッタ粒子を基板50に到達させて成膜する。スパッタ電源3は5W/cm<sup>2</sup>以上の電力をターゲット2に投入し、この電力のみで形成されたプラズマP中でスパッタ粒子がイオン化する。ターゲット2と基板ホルダー5との間には円筒状のシールド6が設けられてプラズマ形成空間を規制し、電界設定手段8がイオン化したスパッタ粒子をプラズマP中から引き出して基板50に入射させるための電界を設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 排気系を備えたスパッタチャンバーと、スパッタチャンバー内に設けられたターゲットと、スパッタチャンバー内に所定のガスを導入するガス導入手段と、導入されたガスにスパッタ放電を生じさせてターゲットをスパッタするスパッタ電源と、スパッタによってターゲットから放出されたスパッタ粒子が入射する位置に基板を保持する基板ホルダーとを備えたイオン化スパッタ装置であって、

前記スパッタ電源は、前記スパッタ放電によって形成されたプラズマ中で当該スパッタ電源が与える電力のみで前記スパッタ粒子をイオン化できるよう構成されていることを特徴とするイオン化スパッタ装置。

【請求項2】 前記スパッタ電源は、ターゲットの被スパッタ面の面積で割った投入電力面積密度が $5\text{W}/\text{cm}^2$ 以上である高周波電力をターゲットに印加するものであることを特徴とする請求項1記載のイオン化スパッタ装置。

【請求項3】 前記ターゲットと前記基板ホルダーとは同軸上に対向して配置されており、ターゲットと基板ホルダーとの間の空間には円筒状のシールドが同軸上に設けられていることを特徴とする請求項1又は2記載のイオン化スパッタ装置。

【請求項4】 前記イオン化したスパッタ粒子を前記プラズマ中から引き出して基板に入射させるための電界を設定する電界設定手段が設けられていることを特徴とする請求項1、2又は3記載のイオン化スパッタ装置。

【請求項5】 スパッタチャンバー内に設けられたターゲットに所定の電力を印加してスパッタ放電を生じさせて当該ターゲットをスパッタし、当該ターゲットから放出されたスパッタ粒子を基板に到達させて基板の表面に所定の薄膜を堆積させるスパッタ方法であって、前記スパッタチャンバー内を $10\text{mTorr}$ から $100\text{mTorr}$ の範囲の所定の圧力に維持し、スパッタ放電によって形成されたプラズマ中で、前記ターゲットに与える電力のみで前記スパッタ粒子をイオン化し、イオン化したスパッタ粒子を前記基板に到達させることにより前記薄膜を堆積させることを特徴とするイオン化スパッタ方法。

【請求項6】 前記ターゲットに与える所定の電力は、ターゲットの被スパッタ面の面積で割った投入電力面積密度が $5\text{W}/\text{cm}^2$ 以上の高周波電力であることを特徴とするイオン化スパッタ方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願の発明は、各種半導体デバイス等の製作に使用されるスパッタ装置に関し、特に、スパッタ粒子をイオン化して成膜に利用するイオン化スパッタ装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】各種メモリやロジック等の半導体デバイスでは、各種配線膜の作成や異種層の相互拡散を防止するバリア膜の作成等の際にスパッタプロセスを用いており、スパッタ装置が多用されている。このようなスパッタ装置に要求される特性は色々あるが、基板に形成されたホールの内面にカバレッジ性よく被覆できることが、最近強く求められている。

【0003】具体的に説明すると、例えばDRAMで多用されているCMOS-FET（電界効果トランジスタ）では、拡散層の上に設けたコンタクトホールの内面にバリア膜を設けてコンタクト配線層と拡散層とのクロスコンタミネーションを防止する構造が採用される。また、各メモリセルの配線を行う多層配線構造では、下層配線と上層配線とをつなぐため、層間絶縁膜にスルーホールを設けこのスルーホール内を層間配線で埋め込むことが行われるが、この際にも、スルーホール内にバリア膜を作成して、クロスコンタミネーションを防止した構造が採られる。

【0004】このようなホールは、集積度の増加を背景として、そのアスペクト比（ホールの開口の直径又は幅に対するホールの深さの比）が年々高くなってきている。例えば、64メガビットDRAMでは、アスペクト比は4程度であるが、256メガビットでは、アスペクト比は5～6程度になる。

【0005】バリア膜の場合、ホールの周囲の面への堆積量に対して10から15%の量の薄膜をホールの底面に堆積させる必要があるが、高アスペクト比のホールについては、ボトムカバレッジ率（ホールの周囲の面への成膜速度に対するホール底面への堆積速度の比）を高くして成膜を行うことが困難である。ボトムカバレッジ率が低下すると、ホールの底面でのバリア膜が薄くなり、ジャンクションリーク等のデバイス特性に致命的な欠陥を与える恐れがある。

【0006】ボトムカバレッジ率を向上させるスパッタの手法として、コリメートスパッタや低圧遠隔スパッタ等の手法がこれまで開発されてきた。コリメートスパッタは、ターゲットと基板との間に基板に垂直な方向の穴を多数開けた板（コリメーター）を設け、基板にほぼ垂直に飛行するスパッタ粒子（通常は、スパッタ原子）のみを選択的に基板に到達させる手法である。また、低圧遠隔スパッタは、ターゲットと基板との距離を長くして（通常の約3倍から5倍）基板にほぼ垂直に飛行するスパッタ粒子を相対的多く基板に入射させるようにするとともに、通常より圧力を低くして（ $0.8\text{mTorr}$ 程度以下）平均自由行程を長くすることでこれらのスパッタ粒子が散乱されないようにする手法である。

【0007】しかしながら、コリメートスパッタではコリメーターの部分にスパッタ粒子が堆積して損失になるために成膜速度が低下する問題があり、また、低圧遠隔スパッタでは、圧力を低くしターゲットと基板との距離

を長くするため本質的に成膜速度が低下する問題がある。このような問題のため、コリメートスパッタは、アスペクト比が3程度までの16メガビットのクラスの量産品に使用されるのみであり、低圧遠隔スパッタでもアスペクト比4程度までのデバイスが限界とされている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】このような中、アスペクト比4以上のホールに対してボトムカバレッジ率よく成膜できる技術として、イオン化スパッタの手法が検討されている。イオン化スパッタは、ターゲットから放出されるスパッタ粒子をイオン化し、イオンの作用によってボトムカバレッジ率を高める手法である。

【0009】しかしながら、イオン化スパッタは実用上の問題を幾つか有している。その一つは、イオン化のためのエネルギー供給の構成にある。即ち、イオン化スパッタを行うには、ターゲットから基板へのスパッタ粒子の飛行経路においてプラズマを形成することが有効であるが、このプラズマを形成するためにターゲットとは別に電極（コイル状又は板状等）を設け、この電極に電力を印加する電源を接続する構成が考えられる。しかしながら、このような構成では、スパッタチャンパー内の構成が複雑になる欠点がある上、スパッタ電源とは別に電源を設けるため、スパッタチャンパーの周囲の構成も複雑になり、またコストの点でも高価となる問題がある。

【0010】本願の発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、イオン化スパッタによって高アスペクト比のホールに対してボトムカバレッジ率の良い成膜が行える装置及び方法であって、スパッタチャンパー内外の構成が簡略化され、コストも安価にできる装置及び方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、排気系を備えたスパッタチャンパーと、スパッタチャンパー内に設けられたターゲットと、スパッタチャンパー内に所定のガスを導入するガス導入手段と、導入されたガスにスパッタ放電を生じさせてターゲットをスパッタするスパッタ電源と、スパッタによってターゲットから放出されたスパッタ粒子が入射する位置に基板を保持する基板ホルダーとを備えたイオン化スパッタ装置であって、前記スパッタ電源は、前記スパッタ放電によって形成されたプラズマ中で当該スパッタ電源が与える電力のみで前記スパッタ粒子をイオン化できるよう構成されている。また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、前記スパッタ電源は、ターゲットの被スパッタ面の面積で割った投入電力面積密度が $5\text{W}/\text{cm}^2$ 以上である高周波電力をターゲットに印加するものであるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、上記請求項1又は2の構成において、前記ターゲットと前記基板ホルダーとは同軸上に対向して配置され

ており、ターゲットと基板ホルダーとの間の空間には円筒状のシールドが同軸上に設けられている前記シールドの内側に形成されたプラズマからイオンを引き出して基板に入射させるための基板に垂直な電界を設定する電界設定手段が設けられているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、上記請求項1、2又は3の構成において、前記イオン化したスパッタ粒子を前記プラズマ中から引き出して基板に入射させるための電界を設定する電界設定手段が設けられているという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項5記載の発明は、スパッタチャンパー内に設けられたターゲットに所定の電力を印加してスパッタ放電を生じさせて当該ターゲットをスパッタし、当該ターゲットから放出されたスパッタ粒子を基板に到達させて基板の表面に所定の薄膜を堆積させるスパッタ方法であって、前記スパッタチャンパー内を $10\text{mTorr}$ から $100\text{mTorr}$ の範囲の所定の圧力に維持し、スパッタ放電によって形成されたプラズマ中で、前記ターゲットに与える電力のみで前記スパッタ粒子をイオン化し、イオン化したスパッタ粒子を前記基板に到達させることにより前記薄膜を堆積させるという構成を有する。また、上記課題を解決するため、請求項6記載の発明は、上記請求項5の構成において、前記ターゲットに与える所定の電力は、ターゲットの被スパッタ面の面積で割った投入電力面積密度が $5\text{W}/\text{cm}^2$ 以上の高周波電力であるという構成を有する。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の実施の形態について説明する。図1は、本願発明の実施形態のイオン化スパッタ装置の構成を説明する正面概略図である。図1に示すスパッタ装置は、排気系11を備えたスパッタチャンパー1と、スパッタチャンパー1内に設けられたターゲット2と、ターゲット2をスパッタするスパッタ電源3と、スパッタチャンパー1内に所定のガスを導入するガス導入手段4と、スパッタによってターゲット2から放出されたスパッタ粒子が入射する位置に基板50を保持する基板ホルダー5とを備えている。

【0013】まず、スパッタチャンパー1は、不図示のゲートバルブを備えた気密な容器である。このスパッタチャンパー1は、ステンレス等の金属製であり、電気的には接地されている。排気系11は、ターボ分子ポンプや拡散ポンプ等を備えた多段の真空排気システムで構成されており、スパッタチャンパー1内を $10^{-9}\text{Torr}$ 程度まで排気可能になっている。また、排気系11は、バリアブルオリフィス等の不図示の排気速度調整器を備え、排気速度を調整することが可能になっている。

【0014】ターゲット2は、例えば厚さ26mm、直径314mm程度の円板状であり、金属製のターゲットホルダー21及び絶縁体22を介してスパッタチャンパー1に取付けられている。尚、ターゲット2と基板ホル

ダー5との距離は、120mm程度である。ターゲット2の背後には、磁石機構30が設けられており、マグネトロンスパッタを行うようになっている。磁石機構30は、中心磁石31と、この中心磁石31を取り囲む周辺磁石32と、中心磁石31及び周辺磁石32とを繋ぐ円板状のヨーク33とから構成されている。尚、各磁石31、32は、いずれも永久磁石であるが、電磁石でこれらを構成することも可能である。また、これらの磁石機構30は、ターゲット2のエロージョンを均一化するため、必要に応じて回転される。回転の軸は、ターゲット2に対して垂直であり、ターゲット2の中心から少し偏心して設定される。

【0015】スパッタ電源3は、本実施形態のイオン化スパッタ装置の大きな特徴点を成している。本実施形態では、スパッタ電源3は、周波数13.56MHzで出力8~10kWの高周波電源が使用されており、高周波スパッタを行う電源としてはかなり大出力のものが使用されている。尚、スパッタ電源3とターゲット2の間には不図示の整合器が設けられ、インピーダンスマッチングが行われる。

【0016】ガス導入手段4は、アルゴン等のスパッタ放電用のガスを溜めたガスボンベ41と、ガスボンベ41とスパッタチャンバー1とをつなぐ配管42と、配管42に設けられたバルブ43や流量調整器44とから主に構成されている。

【0017】基板ホルダー5は、絶縁体53を介してスパッタチャンバー1に気密に設けられており、ターゲット2に対して平行に基板50を保持するようになっている。この基板ホルダー5には、ターゲット2の下方に形成されたプラズマPからイオン化スパッタ粒子を引き出して基板50に入射させるための電界（以下、引き出し用電界）を設定する電界設定手段8が設けられている。電界設定手段8としては、本実施形態では、基板50にバイアス電圧を与える基板バイアス用電源81が採用されている。基板バイアス用電源81としては、本実施形態では基板50に負の直流電圧を与える直流電源が使用されている。

【0018】また、基板バイアス用電源81は、基板ホルダー5に基板50を吸着する吸着用電源も兼ねている。即ち、基板ホルダー5の上側部分は誘電体で形成されており、この誘電体の部分の内部に吸着電極51が埋設されている。そして、基板バイアス用電源81はこの吸着電極51に接続されている。具体的には、基板バイアス用電源81は例えば-600V程度の直流電圧を吸着電極51に与えるようになっている。この電圧によって誘電体が誘電分極し基板ホルダー5の表面には負の電位が現れるようになっている。この負の電位によって基板50に垂直な電界が設定され、プラズマPから効率よくイオン化スパッタ粒子が引き出される。

【0019】また、基板ホルダー5の表面の負の電位に

よって基板50が静電吸着される。基板ホルダー5の内部には、ヒータ52が設けられており、基板50が基板ホルダー5に静電吸着されることによってヒータ52による温度制御の精度が向上するようになっている。尚、ヒータ52は基板50を室温から500℃程度の範囲で温度制御できるよう構成される。

【0020】また、基板バイアス用電源81としては、負の直流電源の他、所定の高周波電源でも構わない。基板バイアス用電源81が高周波電圧を基板ホルダー5に印加すると、基板50の表面にはプラズマP中の荷電粒子が周期的に引き寄せられる。このうち、移動度の高い電子は正イオンに比べて多くが基板50の表面に引き寄せられ、その結果、基板50の表面は負の電位にバイアスされたのと同じ状態になる。この高周波電源としては、例えば周波数13.56MHz出力600W程度のものが使用できる。

【0021】また一方、ターゲット2と基板50との間のスパッタ粒子の飛行経路を取り囲むようにシールド6が設けられている。シールド6は円筒状であり、ターゲット2及び基板50と同軸上に設けられている。より具体的な寸法を示すと、シールド6は、板厚1mm程度の円筒状であり、内径はターゲット2の直径よりも少し小さい300mm程度、高さは50mm程度である。また、ターゲット2からシールド6までの軸方向の距離は20mm程度である。尚、シールド6は、材質としてはチタン製であり非磁性体で形成されている。このようなシールド6は、絶縁体61を介してスパッタチャンバー1に保持されている。但し、シールド6をスパッタチャンバー1に対して短絡する開閉可能な短絡体62が設けられており、シールド6を接地電位にするか浮遊電位にするかが選択できるようになっている。

【0022】また、図1に示す装置では、イオン化スパッタの効果を促進するための磁場を設定する磁場設定手段7が設けられている。磁場設定手段7は、本実施形態では、基板ホルダー5の下側に設けられた磁石71によって構成されている。磁石71は、基板ホルダー5と同軸上に設けられた円環状の永久磁石であり、上面と下面に異なった磁極が現れるようになっている。このため、図1に示すような磁力線72が設定されるようになっている。尚、磁石71を電磁石によって構成することも可能である。

【0023】次に、図1を使用して、本実施形態のスパッタ装置の動作について説明する。基板50が不図示のゲートバルブを通してスパッタチャンバー1内に搬入され、基板ホルダー5上に載置される。スパッタチャンバー1内は予め $10^{-9}$ Torr程度まで排気されおり、基板50の載置後にガス導入手段4が動作して、アルゴン等のプロセスガスが所定の流量で導入される。排気系11の排気速度調整器を制御してスパッタチャンバー1内を所定の圧力に維持する。この際の圧力は、通常のスパ



ッタの圧力(数mTorr)より高く、20mTorr～100mTorr程度の範囲である。この圧力下でスパッタ電源3を動作させ、基板バイアス用電源81も同時に動作させる。

【0024】スパッタ電源3によってターゲット2に所定の高周波電圧が与えられてマグネトロンスパッタ放電が生じ、これによってターゲット2の下方にプラズマPが形成される。また、基板バイアス用電源81によって基板バイアス電圧が基板50に与えられ、この結果、プラズマPと基板50との間に引き出し用電界が設定される。スパッタによってターゲット2から放出されたスパッタ粒子は、基板50に到達してターゲット2の材料よりなる薄膜を基板50に堆積する。薄膜が所定の厚さに達すると、スパッタ電源3、基板バイアス用電源81、ガス導入系4の動作をそれぞれ停止し、スパッタチャンバー1内を再度排気した後、基板50をスパッタチャンバー1から取り出す。

【0025】尚、バリア膜を作成する場合、チタン製のターゲット2を使用し、最初にプロセスガスとしてアルゴンを導入してチタン薄膜を成膜する。そして、その後プロセスガスとして窒素ガスを導入してチタンと窒素との反応を補助的に利用しながら窒化チタン薄膜を作成する。これによって、チタン薄膜の上に窒化チタン薄膜を積層したバリア膜が得られる。

【0026】上記動作において、圧力が20mTorr～100mTorrと高く、10kWという大電力がターゲット2に印加されているので、プラズマPはその密度やエネルギーが高い。このため、スパッタ粒子はこのプラズマP中で充分な効率でイオン化し、イオン化スパッタ粒子となる。このイオン化スパッタ粒子は、引き出し用電界によって効率良くプラズマPから引き出され、効率よく基板50に入射する。このイオン化スパッタ粒子は、基板50の表面に形成されたホール500の内部まで効率よく到達し、ホール内をボトムカバレッジ率良く成膜するのに貢献している。この点をさらに詳しく説明する。

【0027】図2は、イオン化スパッタ粒子の作用を説明する断面概略図である。図2(a)に示すように、基板50の表面に形成された微細なホール500内に薄膜510を堆積させる際、ホール500の開口の縁503の部分に薄膜510が盛り上がって堆積する傾向がある。この盛り上がりの部分の薄膜510は「オーバーハング」と呼ばれるが、オーバーハングが形成されると、ホール500の開口が小さくなって見かけ上アスペクト比が高くなってしまふ。このため、ホール500内に達するスパッタ原子の量が少なくなり、ボトムカバレッジ率が低下してしまふ。

【0028】ここで、図2(b)に示すように、イオン化スパッタ粒子20が基板50に達すると、このイオン化スパッタ粒子20はオーバーハングの部分の薄膜51

0を再スパッタして崩し、ホール500内に落とし込むように作用する。このため、ホール500の開口が小さくなるのを防止するとともに、ホール500の底面への膜堆積を促進するため、ボトムカバレッジ率が向上する。尚、このようなオーバーハングの再スパッタは、イオン化スパッタ粒子20のみならず、スパッタ放電のために導入したプロセスガスのイオンによっても生じ得る。

【0029】また、本実施形態の装置では、電界設定手段8によって基板50に垂直な基板50に向かって電位が下がる引き出し用電界が設定されるので、上記イオン化スパッタ粒子20は、この引き出し用電界によって導かれて基板50に垂直に入射し易くなる。このため、イオン化スパッタ粒子20は深いホール500の底面にまで到達し易くなり、この点もボトムカバレッジ率の向上に貢献する。

【0030】さらに、図1から分かるように、磁場設定手段7として採用された磁石71によって設定される磁力線は、イオン化スパッタ粒子20を効率よく基板50に導くよう作用する。この点も、ボトムカバレッジ率の高い成膜に貢献している。尚、磁力線72は、基板ホルダー5の側方に向けてのプラズマPの拡散を防止する効果もあり、プラズマ密度を向上させてイオン化をさらに促進する効果がある。

【0031】

【実施例】上記実施形態に属する実施例であってバリア膜用のチタン薄膜を作成する実施例(以下、第一の実施例)として、以下のような条件でスパッタを行うことができる。

スパッタ電源3：13.56MHz出力8kW

ターゲット2の材質：チタン

プロセスガスの種類：アルゴン

プロセスガスの流量：120cc/分

成膜時の圧力：60mTorr

基板バイアス電圧：-600V

成膜時の基板ホルダー5の温度：300℃

成膜速度：500オングストローム/分

【0032】また、バリア膜用の窒化チタン薄膜を作成する実施例(以下、第二の実施例)として、以下のような条件でスパッタを行うことができる。

スパッタ電源3：13.56MHz出力8kW

ターゲット2の材質：チタン

プロセスガスの種類：アルゴンと窒素の混合ガス

プロセスガスの流量：アルゴン25cc/分、窒素75cc/分

成膜時の圧力：45mTorr

基板バイアス電圧：-600V

成膜時の基板ホルダー5の温度：200℃

成膜速度：200オングストローム/分

【0033】図3は、上記第一の実施例の条件で成膜を

# Explore Litigation Insights

Docket Alarm provides insights to develop a more informed litigation strategy and the peace of mind of knowing you're on top of things.

## Real-Time Litigation Alerts



Keep your litigation team up-to-date with **real-time alerts** and advanced team management tools built for the enterprise, all while greatly reducing PACER spend.

Our comprehensive service means we can handle Federal, State, and Administrative courts across the country.

## Advanced Docket Research



With over 230 million records, Docket Alarm's cloud-native docket research platform finds what other services can't. Coverage includes Federal, State, plus PTAB, TTAB, ITC and NLRB decisions, all in one place.

Identify arguments that have been successful in the past with full text, pinpoint searching. Link to case law cited within any court document via Fastcase.

## Analytics At Your Fingertips



Learn what happened the last time a particular judge, opposing counsel or company faced cases similar to yours.

Advanced out-of-the-box PTAB and TTAB analytics are always at your fingertips.

## API

Docket Alarm offers a powerful API (application programming interface) to developers that want to integrate case filings into their apps.

## LAW FIRMS

Build custom dashboards for your attorneys and clients with live data direct from the court.

Automate many repetitive legal tasks like conflict checks, document management, and marketing.

## FINANCIAL INSTITUTIONS

Litigation and bankruptcy checks for companies and debtors.

## E-DISCOVERY AND LEGAL VENDORS

Sync your system to PACER to automate legal marketing.