き裂を有するイオンスパッタ膜の電気抵抗解析

参考例

Evaluation of the Electric Resistance of the Ion sputtered Film with a Crack

講演番号：筆頭著者が記入

○　学　坂本　和紀（宮崎大）

[指導教員]　鄧　鋼（宮崎大）　中西　勉（宮崎大）

Kazunori SAKAMOTO, University of Miyazaki

Gang DENG, University of Miyazaki

Tsutomu NAKANISHI, University of Miyazaki

***Key Words***：Metal film, Crack length, Structural analysis, Electric resistance calculation

1. 緒論

これまで，き裂長さを精確に測定するためイオンスパッタリング法を用いて試験片の表面にグリッド状のナノメーターオーダーの厚さの金属薄膜を作成し，き裂の進展に伴う金属膜の電気抵抗の変化によりき裂長さを測定する方法について研究が行なわれてきた．この場合，き裂の長さをグリッドが切断された瞬間でしか測定できず，またグリッドのピッチ以下の短いき裂の進展を連続的に測定することが出来ない．

そこで本研究では，き裂長さの測定に一枚の長方形の金属膜を用い，き裂進展に伴う電気抵抗の変化より短いき裂の進展も含め，き裂長さを連続的に測定することが目的である．一枚膜によるき裂長さの測定のため，き裂長さと金属膜の電気抵抗の関係が必要である．その関係を電磁気有限要素法解析で求めることが出来る．しかし，汎用の有限要素法解析ソフトでは，電磁気解析を行なえるものは少ないため，より簡便な解析方法が望ましい．一方，き裂を含む長方形金属膜に電位差を与えたときの電気力線と膜に長さ方向に引張力を与えたときの力線とが類似していることから，構造解析を用いて，膜の電気抵抗を求められると知られている(1)．本研究はその解析の具体的手順や，解析条件を明らかにする．

図表のタイトルは日本語でも可

2. 電磁気解析と構造解析による金属膜の電気抵抗の計算

き裂を含む金属膜の電気抵抗*R*は図１に示すようにき裂長さ*a*と膜幅*w*，膜長*l*と厚さによって決まり，き裂長さと電気抵抗の関係は電磁気有限要素法解析を用いて求められる．一方，図1に示すように膜の両端に電位を与えた際の電気力線と変位を与えた際の力線は類似していることから，構造解析でも膜の抵抗を推定できる．電磁気解析と構造解析での各物理量の対応関係を表1に示す．すなわち電位差*V*と変位*δ*，電流*I*と反力*F*，電気抵抗*R*とコンプライアンス*C*とが対応関係にあると考えられる

3. 金属膜のコンプライアンスと電気抵抗の関係

3.1　コンプライアンス解析の境界条件膜に変位を与えた時の膜のコンプライアンスを有限要素法解析ソフトMARCを用いて求めることにした．き裂がある場合の膜の対称性を考慮して，膜の半分を解析に用いた．解析のための境界条件を図2に示す．膜の左端の節点に変位*δ*[m]を与え，膜右端の拘束した節点に生じる反力*Fi*を求め，*Fi*の合計である総反力*F*[N] を求める．コンプライアンス*C*[m/N]は次式で求められる．

日本機械学会九州支部宮崎地区第10回学生研究発表会講演論文集（2018.3）

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(1)

コンプライアンス解析に用いた膜の長さ*l*は10mm，幅*w*は5mmで，節点数5151，要素数5000とした．ポアソン比*ν*は0.3とし，ヤング率*E*は*a*=0の状態の電気抵抗，コンプライアンスが等しくなるように(*R*0[Ω]＝*C*0[m/N])と決定した．膜の応力状態は平面応力状態とした．

3.2　コンプライアンスと電気抵抗の関係一枚膜についての電磁気解析ソフトANSYSを用いて求めた電気抵抗と，構造解析ソフトMARCを用いて求めたコンプライアンスの関係を図3に示す．両者は線形関係にあり，コンプライアンスで電気抵抗を推定できることが明らかである．その

Fig.1　Electron flow in a metal film including a crack

*R*



*w*

*a*



Displacement *δ*

Reaction force *F*

Compliance *C*

Structural analysis

[V]

Electric potential *V*

Current *I*

Electric resistance *R*

[A]

[Ω]

Electromagnetic analysis

[N]

[m]

[m/N]

Table.1 Correspondence relation between electromagnetic analysis and structural analysis

Fig.2 Calculation method of compliance

crack

Y

X

*δ*

*Fi*