

光学論文賞受賞論文紹介

鈴木章義氏の論文紹介

キヤノン(株)光機開発センター 田 鍋 昭

今回の鈴木章義氏の受賞論文は下記のとおりである。

(1) Complete analysis of a two-mirror unit magnification system. Part 1, Appl. Opt., 22, No. 24 (1983) 3943.

(2) Complete analysis of a two-mirror unit magnification system. Part 2, Appl. Opt., 22, No. 24 (1983) 3950.

本論文は図1に示す凹、凸2枚の球面鏡を組み合わせた倍率1倍の光学系の収差の解析とその改良に関するものである。この光学系は軸外物点Aから光軸に平行に射出する主光線がM1で反射して光軸と交わる位置に凸面鏡M2があり、物点と像点とが同じ平面上にあり、この像点では非点収差がないことが特徴である。この等倍光学系のうちM1およびM2を同心とするものは1971年 Offner が提案したものである。

論文(1)はこの同心ミラー光学系についてその特性を解析してある。まず一般化したミラー系として解析するためにM2の曲率中心をパラメーターの一つにとり、同心からの偏りを k として解析をすすめ、その結果同心光学系($k=0$)においてはサジッタル像面は理想像面と一致し、メリディオナル像面は有効Fナンバー F_e の $1/F_e^2$ に比例した傾きをもち、良像幅は F_e^2 に比例し、メリディオナルの波面収差は h/F_e^2 に比例するとの結果を得た。本光学系の用途からは F_e を小さくして高解像力を得ることが望ましく、 F_e について適切な妥協が必要となる。

論文(2)は同心二枚鏡光学に残るメリディオナルの像面の傾きおよび波面収差を減少させる改良について理論的に考察を進めている。まず非同心光学系($k \neq 0$)の場合についてサジッタル像面とメリディオナル像面の交差角が凸面鏡の r の変化にほとんど影響されないことを明らかにし、したがって最適の選択は両像面の傾きを等しくすることとなり、その結果凸面鏡の最適 r が常に凹面鏡の R の $1/2$ となることを明らかにした。さらにこれがメリディオナル光線の収差を最小にする条件であり、したがって同心光学系に残る二つの収差を同時に最小にすることができるこの $r=R/2$ 系が最適系であるとしている。

この系はもはや同心ではないのでサジッタル収差が発生するわけであるがこれも同心系のメリディオナル波面収差の数分の1にしか過ぎない。結論として鈴木氏の見いだした $r=R/2$ の最適非同心ミラー系によれば、同心系に比べて像面の傾きが $1/2$ となり、よって良像幅が同心系の2倍に広がり、残存収差は数分の1となるので NA をより大きくできる。

以上が鈴木氏の論文の内容であるが、この論文はこれまで定性的に解説されていた二枚鏡系の特性を定量的に式の形で表現し、この系の可能性を完全に解明したことと解析の難しい軸外像点の結像特性を明快に解析したところに高い価値がある。鈴木氏の理論的考察によって最良光学系を求めたこの研究が最近のコンピュータ依存型設計にすぎない光学設計者にとって刺激になることを期待したい。本論文で取り扱った光学系はミラープロジェクションマスクアライナーなるICの焼付け装置に採用されている。この装置においては高い解像力を発揮すること、露光時間の短いこと、すなわち良像幅が広いことが強く望まれるが、鈴木氏の研究はミラー光学系においてこの方向の最良解を明快に導いたもので、その成果は実際の装置において実証された。

鈴木章義氏は1973年に東京大学物理工学科修士過程を卒業後、直ちにキヤノンに入社し、以来半導体焼付け装置に関連した光学設計の業務に従事している。今回の受賞を機に今後いっそう活躍されることを期待したい。

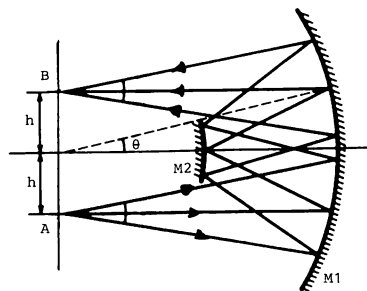


図1 等倍二枚鏡光学系